



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).  
Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EPIDEMIOLOGÍA DE ESCOBA DE BRUJA (*Moniliophthora  
perniciosa*) EN ACCESIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)  
SILVESTRE COLECTADAS EN LA CUENCA DEL ALTO  
AMAZONAS**

**Tesis para optar el título profesional de  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Autor:**

**Bach. Luis Alberto Fernández Cabrera**

**Asesor:**

**Ing. Eybis José Flores García**

**Tarapoto – Perú  
2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EPIDEMIOLOGÍA DE ESCOBA DE BRUJA (*Moniliophthora  
perniciosa*) EN ACCESIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)  
SILVESTRE COLECTADAS EN LA CUENCA DEL ALTO  
AMAZONAS**

**Tesis para optar el título profesional de  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Autor:**

**Bach. Luis Alberto Fernández Cabrera**

**Aprobado y sustentado ante el honorable jurado el día 26 de junio del 2018**

.....  
Ing. M.Sc. Armando D. CUEVA BENAVIDES

Presidente

.....  
Ing. M.Sc. Manuel Santiago DORIA BOLAÑOS

Secretario

.....  
Ing. M.Sc. Guillermo VÁSQUEZ RAMÍREZ

Miembro

.....  
Ing. Eybis José FLORES GARCÍA

Asesor

## Declaración de Autenticidad

Yo, LUIS ALBERTO FERNANDEZ CABRERA, egresado(a) de la Facultad de CIENCIAS AGRARIAS de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 48012566, Domiciliado en: Jr. Padre Andres Asenjo N° 258 - Tarapoto, con la tesis titulada: “EPIDEMIOLOGÍA DE ESCOBA DE BRUJA (*Moniliophthora perniciosa*) EN ACCESIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) SILVESTRE COLECTADAS EN LA CUENCA DEL ALTO AMAZONAS”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 26 de Junio del 2018.



LUIS ALBERTO FERNANDEZ CABRERA  
DNI N° 48012566



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <u>Fernandez Cabrera Luis Alberto</u>	
Código de alumno : <u>121108</u>	Teléfono: <u>994 868 936</u>
Correo electrónico : <u>Luisolverto9315@gmail.com</u>	DNI: <u>48012566</u>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <u>Ciencias Agrarias</u>
Escuela Profesional de: <u>Agroonomía</u>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	( <input checked="" type="checkbox"/> )	Trabajo de investigación	( <input type="checkbox"/> )
Trabajo de suficiencia profesional	( <input type="checkbox"/> )		

**4. Datos de trabajo de investigación**

Título: <u>"Epidemiología de Escoba de Bruja (Moniliophthora perniciosa) en ocasionales de cacao (Theobroma cacao L.) silvestres colectadas en la cuenca del Alto Amazonas."</u>
Año de publicación: <u>2018</u>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	( <input checked="" type="checkbox"/> )	Embargo	( <input type="checkbox"/> )
Acceso restringido **	( <input type="checkbox"/> )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI “Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.



Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

10 / 08 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM-T.

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\*Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## DEDICATORIA

“A mi mamá Elena Cabrera Hernández, por haberme apoyado en todo momento, sus consejos, sus valores, motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por su amor de madre y su infinita comprensión. A mi papá Amancio Felipe Fernández Chamaya, por su gran apoyo que me brindo y sus consejos invaluable que fortalecen mi alma y encaminan mi vida”

“A mis hermanos por su apoyo incondicional que participaron directa e indirectamente en mi formación profesional y por el hermoso regalo de existir en mi vida”

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Martín – T, y docentes de agronomía que contribuyeron a mi formación profesional y en el desarrollo de mi tesis.

Al Ing. Eybis José Flores García, por ser un maravilloso docente y amigo en toda circunstancia.

Agradecer infinitamente al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), en especial al Ing. Dr. Enrique Arévalo Gardini por su apoyo, brindándome las facilidades de sus instalaciones para poder realizar la presente tesis y por comprometerse siempre por el desarrollo de la región con nuevas tecnologías para la agricultura.

A mi Co-asesor Ing. Abel Farfán Pinedo; por dedicar su tiempo y conocimientos para guiarme, y el excelente asesoramiento recibido dándome respuestas a muchas interrogantes, además de ser un gran amigo.

A mis amigos y familiares que siempre me apoyaron en mi formación profesional y a los que me ayudaron a realizar mi tesis, por su colaboración y apoyo incondicional con gran espíritu y calidad humana.



## ÍNDICE

RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	2
1.1 Antecedentes de la investigación .....	2
1.2 Del cultivo de cacao .....	3
1.2.1 Origen e Importancia. ....	3
1.2.2 Taxonomía del cultivo. ....	4
1.2.3 Botánica. ....	4
1.2.4 Variedades de cacao. ....	5
1.3 Enfermedad del cacao .....	6
1.3.1 La Escoba de bruja. ....	6
1.3.2 Taxonomía de la enfermedad .....	7
1.3.3 Etiología .....	7
1.3.4 Ciclo de vida .....	8
1.3.5 Sintomatología .....	8
1.3.6 Epidemiología .....	10
1.3.6.1 Epidemiología de la escoba de bruja .....	11
1.3.6.2 Dispersión .....	13
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
2.1 Tipo y nivel de investigación .....	14
2.1.1 Tipo de investigación. ....	14
2.1.2 Nivel de investigación. ....	14
2.2 Población y muestra .....	14
2.2.1 Población. ....	14
2.2.2 Muestra. ....	14
2.3 Ubicación del área de estudio. ....	14
2.3.1 Área de estudio. ....	14
2.3.2 Ubicación Política: .....	15
2.3.3 Ubicación geográfica: .....	15
2.3.4 Accesibilidad: .....	15
2.4 Selección de accesiones .....	16
2.5 Diseño de la investigación .....	17
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	17

2.6.1	Recolecciones de accesiones de cacao. ....	17
2.7	Indicadores. ....	18
2.7.1	Número de frutos con escoba de bruja. ....	18
2.7.2	Número de cojines florales con escoba de bruja. ....	19
2.7.3	Número de brotes con escoba de bruja. ....	20
2.7.4	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) ....	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....		23
3.1	Resultados. ....	23
3.1.1	Incidencia de escoba de bruja en la primera evaluación. ....	23
3.1.2	Incidencia de escoba de bruja en la segunda evaluación. ....	26
3.1.3	Incidencia de escoba de bruja en la tercera evaluación. ....	29
3.1.4	Incidencia de escoba de bruja en la cuarta evaluación. ....	32
3.1.5	Incidencia de escoba de bruja en la quinta evaluación. ....	35
3.1.6	Cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC). ....	41
3.1.6.1	Prueba de H de Kruskal-Wallis para AUDPC obtenidos con datos de incidencia bajo condiciones de infección natural, en Frutos de Cacao. ....	41
3.1.6.2	Prueba de H de Kruskal-Wallis para AUDPC obtenidos con datos de incidencia bajo condiciones de infección natural, en Flores de Cacao. ....	42
3.1.6.3	Prueba de H de Kruskal-Wallis para AUDPC obtenidos con datos de incidencia bajo condiciones de infección natural, en Brotes de Cacao. ....	43
CONCLUSIONES .....		45
RECOMENDACIONES .....		46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		47
ANEXOS .....		51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Mapa de la provincia de San Martín indicando la localización de la estación experimental “El Choclino”, en el distrito de la banda de Shilcayo. Fuente: ICT (2009). .....	15
Figura 2:	Estación experimental Amazonian Coleccion -AC. Fuente: ICT. (2009).....	16
Figura 3:	Banco de germoplasma de cacao silvestre ICT. (2009).....	16
Figura 4:	A) y B) Frutos infectados con escoba de bruja.....	19
Figura 5:	A) y B) Cojines florales infectados con escoba de bruja.....	20
Figura 6:	A) Brotes de escoba de bruja en desarrollo de su ciclo de vida, B) Brotes de escoba de bruja terminando su ciclo de vida y C) Brotes de escoba de bruja en chupones.....	21
Figura 7:	Primera evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativa.....	25
Figura 8:	Segunda evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.....	28
Figura 9:	Tercera evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.....	31
Figura 10:	Cuarta evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.....	34
Figura 11:	Quinta evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.....	38
Figura 12:	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en flores de cacao.....	42
Figura 13:	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en brotes de cacao.....	44
Figura 14:	Croquis del banco de germoplasma de cacao silvestre colecta amazónica ICT- Perú – Primera expedición.....	55
Figura 15:	A) Identificación de accesiones para las evaluaciones y B) Recolecta de frutos, cojines y brotes infectados.....	56
Figura 16:	Diferencia entre A) fruto muerto a causa de la escoba de bruja y B) fruto muerto por causas naturales.....	56
Figura 17:	Frutos deformes a causa de la escoba de bruja.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Accesiones de cacao colección ICT evaluados y su procedencia .....	17
Tabla 2:	Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja primera evaluación. ....	23
Tabla 3:	Número de escoba de bruja de la primera evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan. ....	24
Tabla 4:	Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja segunda evaluación. ....	26
Tabla 5:	Número de escoba de bruja de la segunda evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan. ....	27
Tabla 6:	Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja; tercera evaluación. ....	29
Tabla 7:	Número de escoba de bruja de la tercera evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan. ....	30
Tabla 8:	Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja; cuarta evaluación. ....	32
Tabla 9:	Número de escoba de bruja de la cuarta evaluación según accesiones, parte vegetativo y la prueba de Duncan. ....	33
Tabla 10:	Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja; quinta evaluación. ....	35
Tabla 11:	Número de escoba de bruja de la quinta evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan. ....	36
Tabla 12:	Cantidad total, de Escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes de las cinco evaluaciones. ....	37
Tabla 13:	ANOVA de Incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes de la primera evaluación. ....	51
Tabla 14:	ANOVA de Incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes de segunda evaluación.....	51
Tabla 15:	ANOVA de Incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes de tercera evaluación.....	52
Tabla 16:	ANOVA de Incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes de la cuarta evaluación. ....	52
Tabla 17:	ANOVA de Incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes de la quinta evaluación.....	53
Tabla 18:	Condiciones climáticas anuales durante la evaluación de los genotipos de cacao en la zona de Tarapoto - Perú.....	53
Tabla 19:	Porcentaje de luz realizado con un luxómetro.....	53
Tabla 20:	Análisis de la Información Meteorológica de la Estación Climatológica Ordinaria - Tarapoto.....	54

## RESUMEN

El cultivo de cacao es considerado cultivo bandera en el Perú, por su importancia económica (Moscol, 2011). Pero es afectado por diversas enfermedades que afectan la producción del cultivo, causando pérdidas considerables, como es el caso de la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) (Motamayor *et al*, 2002). Con el objetivo de determinar la epidemiología de *Moniliophthora perniciosa* (escoba de bruja) en accesiones de cacao silvestre de muestras recolectadas de la cuenca del Alto Amazonas. Mediante la identificación de accesiones con menor incidencia a escoba de bruja, realizada con una ficha de evaluaciones de incidencia validada por el ICT en convenio con el USDA. Se realizó en la Estación Experimental “El Choclino” del Instituto de Cultivos Tropicales, ubicado en la Banda de Shilcayo; Provincia y Departamento de San Martín. El diseño experimental fue de Bloques Completamente al Azar (DBCA), para este estudio se evaluó 20 accesiones de cacao de las cuencas de los ríos Santiago y Morona del Alto Amazonas, que fueron recolectadas el material vegetativo en la primera expedición realizada en el 2008. Teniendo como factores de evaluación de incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes. Los resultados indicaron que el genotipo SAN 235 del río Santiago y los genotipos MOR 202, MOR206 y MOR 258 del río Morona, no presentaron incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes al término del estudio, por lo que se considera promisorios por su resistencia a escoba de bruja.

**Palabras claves:** Genotipos de cacao, Epidemiología, Escoba de bruja, *Theobroma cacao*.



## ABSTRACT

The cocoa crops are considered a flag crop in Perú, due to its economic importance (Moscol, 2011). But it is affected by various diseases that affect the production of the crop, causing considerable losses, as is the case of the witch's broom (*Moniliophthora perniciosa*) (Motamayor et al, 2002). With the objective of determining the epidemiology of *Moniliophthora perniciosa* (witch's broom) in accessions of wild cocoa from samples collected from the Alto Amazonas basin. By means of the identification of accessions with less incidence to witch's broom, realized with a card of evaluations of incidence validated by the ICT in agreement with the USDA. It was carried out in the Experimental Station "El Choclino" of the Institute of Tropical Crops, located in the Banda de Shilcayo; Province and Department of San Martín. The experimental design was of Completely Random Blocks (DBCA), for this study 20 cacao accessions were evaluated from the basins of the rivers Santiago and Morona del Alto Amazonas, which were collected the vegetative material in the first expedition carried out in 2008. Taking as factors of evaluation the incidence of witch's broom of fruits, floral cushion and buds. The results indicated that the genotype SAN 235 of the Santiago River and the genotypes MOR 202, MOR206 and MOR 258 of the Morona river, did not present incidence of witch's broom in fruits, floral cushion and buds at the end of the study, reason why it is considered promising for its resistance to witch's broom.

**Keywords:** Cacao genotypes, Epidemiology, Witch's broom, *Theobroma cacao*.



## INTRODUCCIÓN

El cacao es un árbol nativo de América Tropical, se estima que una población de *Theobroma cacao* se extiende naturalmente a lo largo de la parte central, el oeste y el Norte de las Guayanas en el Amazonas y el sur de México, de estos lugares, se dispersaron los dos tipos principales de cacao: el criollo y el forastero, los españoles lo encontraron creciendo en forma silvestre en muchos lugares, especialmente en regiones húmedas, junto a los ríos Amazonas y Orinoco, estos hallazgos sugieren que el centro de origen, es la parte alta de la cuenca del Amazonas (Moscol, 2011).

Las hectáreas sembradas ha aumentado de tal manera que actualmente el cacao en nuestra región San Martín, es considerado uno de los cultivos bandera, con el pasar del tiempo fueron apareciendo diversas enfermedades, tal es el caso de la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) que afecta tallos, flores, frutos causando proliferación de ramas y secas en varios clones del cultivo, asociados con otras enfermedades y plagas, disminuyen considerablemente el rendimiento; existe baja información sobre clones con resistencia a esta enfermedad.

Los estudios sobre factores que transcriben a la epidemia como factores del hospedante, con el objetivo de determinar la epidemiología de *Moniliophthora perniciosa* (escoba de bruja) en accesiones de cacao silvestre de muestras recolectadas de la cuenca del Alto Amazonas. Mediante la identificación de accesiones con menor incidencia a escoba de bruja, realizada con una ficha de evaluaciones de incidencia validada por el Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) en convenio con Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental “El Choclino” del Instituto de Cultivos Tropicales, con 20 accesiones de cacao donde se evaluó la incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes. Los resultados nos muestran que existen genotipos promisorios (SAN 235, MOR 202, MOR206 y MOR 258) con resistencia a la enfermedad; los cuales en el futuro pueden ser utilizados por los productores cacaoteros e investigadores.

Clara resistencia y susceptibilidad, edad, ecología, factores del patógeno, nivel del inoculo, factores del ambiente con tiempo y las actividades del hombre han contribuido con el desarrollo de la epidemia de las enfermedades del cacao dentro de ella la escoba de bruja siendo una alternativa identificar clones con resistencia a esta enfermedad.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Antecedentes de la investigación

Tarqui et al., (2017), han presentado un trabajo sobre la selecciones de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) con resistencia a escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) en, Ecuador. Ellos han estado estudiando las características por la resistencia genética a las principales enfermedades, principalmente la escoba de bruja, que es un factor limitante para su cultivo en varios países de América Central y Sur, llegando a determinar que los genotipos resultantes del cruce amazónico x amazónico: INIAPT 527, INIAPT 560 y INIAPT 526 presentaron menor incidencia de escobas y se identificaron como fuentes de resistencia genética a *Moniliophthora perniciosa*.

En Quevedo, Ecuador, se estudió el comportamiento de 10 clones experimentales de cacao tipo Nacional con el objetivo de seleccionar los de mayor productividad y tolerancia a dos enfermedades: moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), en comparación con dos testigos comerciales (EET-103 y CCN-51). El clon comercial CCN-51 presentó la menor incidencia de enfermedades, así como la mayor producción de mazorcas sanas y rendimiento promedio de almendras  $1\,047,7\text{ kg ha}^{-1}$ , cuatro clones experimentales presentaron características deseables: L46-H57 con mayor producción de mazorcas sanas y totales, L21-H43, L46-H57 y L46-H88 con rendimiento de almendras superior a  $550\text{ kg ha}^{-1}$ , L18-H58 con el menor número de escoba de bruja (7,3), y L21-H43 con la menor incidencia de mazorcas enfermas (37,0 %). (Sánchez, Medina, Díaz, Ramos, Vera, Vásquez, Troya, Garcés y Onafre, 2015).

En Rondonia, Brasil, han realizado un trabajo de investigación en un Banco de germoplasma que contiene 615 accesiones de diversos orígenes, predominantemente de poblaciones silvestres de Rondônia. Para esta investigación, fueron seleccionados 140 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes orígenes. De 2002 a 2005, se evaluaron ocho caracteres relativos a componentes de

producción de almendras y de resistencia a la escoba de bruja y a la colecta de frutos, donde las accesiones CAB 9, CAB 13, CAB 40, CAB 218, CAB 226, CAB 417 y CAB 452 (Cacao de la Amazonia Brasileira) se destacaron en cuanto a la menor incidencia a la escoba de bruja y en cuanto al rendimiento productivo, que fue de intermediario a alta. También observaron un aumento de escobas de bruja en el año 2003 que atribuyeron a las elevadas precipitaciones del año anterior (Almeida, Días y Silva, 2009).

## **1.2 Del cultivo de cacao.**

### **1.2.1 Origen e Importancia.**

El género *Theobroma* es originario de América Tropical, específicamente de la cuenca alta del río Amazonas, aunque existen muchas hipótesis sobre el origen del cacao, menciona, Motamayor, Risterucci, Lopez, Ortiz, Moreo y Lanaud (2002), encontraron que el cacao se originó en la cuenca alta del río Amazonas (entre las riveras de los ríos Napo, Caquetá y Putumayo), luego fue introducido por el hombre a Centroamérica, aunque éste sea considerado el primer centro de domesticación y cultivo, Cuando llegaron los primeros colonizadores a América, el cacao era cultivado por los indígenas, principalmente por los Aztecas y Mayas en Centroamérica (Phillips y Mora, 2003).

Posee algunas especies de gran relevancia económica en los trópicos, principalmente *Theobroma cacao* y en mucho menor grado *Theobroma grandiflorum* y *Theobroma bicolor*, las semillas de *Theobroma cacao* se han empleado a lo largo de la historia para la preparación de bebidas y otros alimentos, bebida ceremonial y tributo a reyes, como moneda, esta especie se encuentra actualmente distribuida a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, desde los 20°C de latitud norte hasta los 20°C de latitud sur, es decir desde México, hasta el sur de la Amazonia en Brasil y Bolivia (Organización Internacional de Cacao - ICCO, 2003).

El cacao es un cultivo estrictamente tropical, pero se elabora y consume más en regiones templadas, principalmente como bebida estimulante y como alimento energético (chocolate) por su contenido de teobromina y trazas de cafeína, la grasa

es un subproducto importante en la preparación de cosméticos y productos farmacéuticos (Navarro y Mendoza, 2006).

### 1.2.2 Taxonomía del cultivo.

La clasificación taxonómica de acuerdo al Programa de Desarrollo Alternativo - PDA, (2007) es la siguiente:

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Dilleniidae
Orden	: Malvales
Familia	: Sterculiaceae
Subfamilia	: Byttnerioideae
Género	: <i>Theobroma</i>
Especie	: <i>cacao</i>

### 1.2.3 Botánica.

El cacao pertenece al Orden Malvales, a la familia esterculiácea, al género *Theobroma* y la especie cacao, es una planta que contiene 20 cromosomas, es altamente alógama, ya que es de polinización cruzada hasta en 95%, efectuándose esto por insectos sumamente especializados (INIAP, 2009)

La planta del cacao puede crecer entre 5 a 8 metros de altura, sin embargo, puede alcanzar alturas de hasta 20 metros, su copa es densa, redondeada y con diámetro que depende de la altura de planta y del manejo (podas), siendo el tronco recto y liso de color marrón pálido (García, 2010 ).

Tiene una raíz principal o pivotante que puede crecer hasta 1,20 m a 1,50 m de profundidad, la mayoría de las raíces secundarias o terciarias se encuentran en los primeros 20 a 25 cm de profundidad desde ras de suelo (Barahona, 2009).

El tallo crece verticalmente hasta que forma el primer verticilo a una altura de entre 80 y 100 cm, este, está cubierto por largas hojas de forma pecioladas, una



vez que el árbol cumple aproximadamente el primer ciclo de vida este desarrolla yemas auxiliares que en forma conjunta es llamada la corona o en algunos casos la horqueta (López, 2004 ).

Las hojas de la planta son de forma alargada, medianas y de color verde, algunas plantas tienen las hojas tiernas y de diferentes colores que pueden ser: café claro, verde pálido, morados o rojizos, según la variedad del cultivo, la hoja está unida a la rama por un tallito conocido como pecíolo o pinzote donde se encuentra un abultamiento llamado yema que origina ramas que se usan para realizar injertos (García, 2010).

Las flores nacen en grupos pequeños llamados cojines florales, se desarrollan en el tronco y ramas principales (Enríquez, 2001). Salen donde antes hubieron hojas y siempre nacen en el mismo lugar; por eso, es importante no dañar la base del cojín floral para mantener una buena producción, de las flores se desarrollan los frutos o mazorcas con ayuda de algunos insectos pequeños (Fabián y Darío, 2012).

El fruto una baya grande comúnmente denominada “mazorca”, carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa, las mazorcas brotan del tronco principal y de las ramas de la copa, el cacaotal comienza a producir a partir del cuarto o quinto año de haber sido plantado (James, 2008).

Las semillas están dentro de las mazorcas y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, están ubicadas en cinco hileras dentro del fruto (Fabián y Darío, 2012).

#### **1.2.4 Variedades de cacao.**

Existen 3 variedades reconocidas en las cuales están divididos:

**Criollos.** Los cacaos criollos tienen las siguiente características o tipificaciones: mazorcas cilíndricas, con diez surcos profundos simple o bien en cinco pares, cáscara verrugosa, que puede ser delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en cinco

ángulos, rectas o recurvadas, el color de la mazorca puede variar de un color verde hasta rojo, con semillas blancas o ligeramente pigmentadas, que pueden tener una forma cilíndrica u ovalada (García, 2011).

Los árboles usualmente son más bajos y menos robustos que el de las otras variedades, con copa redonda, hojas pequeñas y ovaladas de color verde claro, gruesas y con mayor susceptibilidad a la mayoría de las enfermedades, las flores son de pedicelos cortos y estaminoides y líneas guías de los pétalos son rosado claro, las espátulas de los pétalos son de forma y color muy variables (Motamayor, *et al*, 2002).

**Forasteros.** Característicamente estas variedades tienen mazorcas ovoides, amelonadas con diez surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio, con los dos extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base, las mazorcas son generalmente verdes con tonos blanquecinos o rosado en algunas poblaciones, semillas moradas, triangulares en corte transversal, aplanadas y pequeñas (Gutiérrez, 2007).

Los árboles son vigorosos y de mayor fuste, con follaje grande, de color verde intenso y mayor tolerancia a las enfermedades que las variedades criollas, las flores tienen estaminoides y las líneas guías de los pétalos son de color morado (M & O Consulting, 2008).

**Trinitario.** Poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y forasteros, tienen características de mazorcas y semillas muy similar o en forma intermedia entre los dos grupos de cacaos de los cuales se originan (Motamayor, Lachenaud, Da Silva, Loor, Kuhn, Brown, Schnell, 2008).

### 1.3 Enfermedad del cacao

#### 1.3.1 La Escoba de bruja.

Considerada la enfermedad más dañina para el cacao, esta es causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa* y puede ser transmitida por la semilla, la severidad del daño causado por este hongo varía en base a las condiciones climáticas, presión del

inóculo, tipo de cacao y la forma en que se maneja la plantación (Motamayor *et al*, 2002).

La enfermedad afecta los brotes nuevos, las flores, hojas y frutos del cacao, agrandándose o engrosándose en vez de tener un crecimiento normal, el árbol sobre produce hojas nuevas en forma de espadas y muy suaves con un color verde claro en vez del natural verde oscuro o verde rojizo, también es común que el árbol produzca más chupones que lo normal (Agüero, James y Julio, 2008).

### 1.3.2 Taxonomía de la enfermedad

Reino	: Fungi
Filo	: Basidiomycota
Clase	: Agaricomycetes
Subclase	: Agaricomycetidae
Orden	: Agaricales
Familia	: Marasmiaceae
Género	: <i>Moniliophthora</i>
Especie	: <i>perniciosa</i>

### 1.3.3 Etiología

*Moniliophthora perniciosa* (Stahel) (Aime & Phillips-Mora, 2005), es el agente causal de una de las tres principales enfermedades del cultivo de cacao en Latinoamérica, denominada escoba de bruja. Este hongo fue inicialmente descrito como *Marasmius pernicius* Stahel, pero lo reclasificó en el género *Crinipellis*, especie *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, este se conoció bajo el nombre de *Crinipellis perniciosa* hasta el 2005, cuando Aime y Phillips-Mora (2005) demostraron, mediante el uso de la secuenciación de ADN, que este hongo se encuentra muy relacionado con *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis. Estas dos especies forman actualmente un linaje separado de Marasmiaceae que incluye varios miembros de *Moniliophthora* sección Iopodinae, la cual compromete formalmente individuos con pigmentación rosa o púrpura de los miembros del género *Crinipellis* (Meinhardt, Rincones y Bailey, 2008).

Se cree que *Moniliophthora* es patógeno de cinco familias de dicotiledóneas, incluyendo miembros de las familias Malvaceae, Solanaceae, Bignoniaceae, Bixacea y Malpighiaceae (Evans, Holmes y Reid, 2003.)

### 1.3.4 Ciclo de vida

La infección provocada por las basidiosporas sólo ocurre en tejidos con crecimiento activo (vivo) (Porrás y Sánchez, 1991). Existen dos fases en el ciclo de *Moniliophthora perniciosa*. En la primera fase, el patógeno infecta al tejido joven en crecimiento, induce hipertrofia e hiperplasia y vive como un parásito obligado de forma intracelular. En la segunda fase, el tejido con hipertrofia muere y el hongo cambia sus hábitos y crece como un saprófito. Cuando las condiciones son favorables producen los basidiocarpos de los cuales se forman las basidiosporas (CABI, 2016).

*Moniliophthora perniciosa* tiene un ciclo de vida paralelo con los síntomas de la enfermedad en la planta, el ciclo inicia con las basidiosporas, consideradas como los únicos propágulos del hongo capaces de infectar los tejidos meristemáticos de cacao (Evans y Solórzano, 2001).

Las basidiosporas son estructuras hialinas, ovales, con un tamaño de 12 µm x 6 µm, a partir de ellas se forma el micelio biotrófico monocariótico, sin conexiones de gancho, este micelio infecta los cojines florales, los frutos en desarrollo y los brotes vegetativos (Evans y Bastos, 2000).

Los tejidos con el síntoma de “escoba de bruja”, permanecen de color verde durante un período relativamente corto. Comienzan a secarse a partir de los ápices y adquieren una tonalidad de color café en aproximadamente 5 ó 6 semanas y luego se secan progresivamente; durante el proceso de infección el micelio del hongo cambia de monocariótico a dicariótico por anastomosis. Cuando el tejido muere el micelio se fragmenta generando clamidosporas, y de la escoba seca se forman basidiocarpos, después de 4 semanas de incubación (CABI, 2016).

Avanzada la infección, *Moniliophthora perniciosa* causa hipertrofia, hiperplasia y la pérdida de dominancia apical de los tejidos, con proliferación de los brotes auxiliares y la formación de tallos anormales; estas estructuras son similares a una escoba, de ahí su denominación (Guest, 2007).

### 1.3.5 Sintomatología

La sintomatología de la escoba de bruja es bastante variada; ha sido descrita en detalle por cuando el hongo infecta ramas y brotes vegetativos, provoca hinchazón en la parte afectada, acompañada de la proliferación de pequeños brotamientos

próximos a los otros, donde se forman las hojas con apariencia de una escoba de bruja (Hebbbar, 2007).

La infección de los cojines florales se manifiesta con la formación de escobas, con la presencia o no de pequeños frutos partenocárpicos (frutos chirimoya). También, *Moniliophthora perniciosa* causa la pudrición de los frutos de cacao, los cuales son susceptibles durante todo su desarrollo (Jeger, Jeffries, Elad y Xu, 2009).

Cuando el patógeno infecta los frutos durante las primeras semanas de edad, se detiene su crecimiento causando la muerte o marchitez prematura, en frutos enfermos de 1 a 4 meses de edad, se presentan deformaciones, hinchazón y se forma una área necrótica más oscura que la ocasionada por la pudrición por moniliasis, la cual termina en una pudrición acuosa y en la pérdida total de las semillas, en infecciones tardías, es decir, en frutos mayores de 4 meses, la infección causa una pérdida parcial de las semillas (Mondeil y Setboonsarng, 2009).

Extraordinariamente, después de estos síntomas, la hifa biotrófica de *Moniliophthora perniciosa* se encuentra en bajas densidades y no produce haustorio; sólo se limita a ocupar el espacio apoplástico y presenta un crecimiento lento, se ha demostrado que el micelio biotrófico se puede mantener viable en condiciones in vitro, si se ponen a crecer las esporas en un medio carente de nutrientes, pero con glicerol como única fuente de carbono (Benito, 2011).

A partir de estas observaciones, se cree que la baja concentración de nutrientes en el apoplasto puede ser la clave para la fase biotrófica de este patógeno (Do Rio, De Oliveira, Tomazella, Fracassi y Pereira, 2008). Más aún, durante esta fase, parece ser que el tejido infectado se somete a un intenso estrés oxidativo, que se evidencia por un incremento de la peroxidación de lípidos (Scarpari, Meinhardt, Mazzafera, Pomella, 2005; Do Rio, 2008).

Este evento oxidativo se debe a la producción de peróxido de hidrógeno por la degradación enzimática de cristales de oxalato de calcio, los cuales se han producido y almacenado durante el progreso de la enfermedad y están presentes en el tejido infectado (Do Rio et al., 2008).



Después de 1 o 2 meses de presentarse las alteraciones, los tejidos enfermos se necrosan y mueren, dando lugar a la formación de una estructura denominada escoba seca (Meinhart et al., 2008).

En esta fase necrótica, el hongo adquiere unas características distintivas, tales como: un micelio dicariótico saprofítico/ necrótico, en el cual se observan las conexiones de gancho, a diferencia de la fase biotrófica, el micelio saprofítico (diámetro de 1 a 3  $\mu\text{m}$ ) crece vigorosamente, colonizando rápidamente el material vegetal infectado, durante esta fase, después de alternar períodos húmedos y secos, tiene lugar la formación de los basidiocarpos sobre el tejido vegetal necrosado (Scarpari et al., 2005).

Durante la fase saprofítica, el hongo sobrevive en un estado dormante sobre las escobas secas o frutos momificados hasta el inicio de la época de lluvias (Meirelles, 2002).

En condiciones de campo, en Trinidad y en Ecuador, la mayor liberación de basidiosporas ocurre entre 10 p.m. y 4 a.m., con una humedad relativa mayor al 95% y temperaturas entre 20 °C a 24°C, una vez liberadas, las basidiosporas tienen un periodo de viabilidad corto, debido a su sensibilidad a la luz y al secamiento (Flood, 2009).

La dispersión natural de las basidiosporas se da principalmente por el viento y la lluvia, a partir de fuentes de inóculo como escobas necrosadas y frutos enfermos, la infección tiene lugar cuando las esporas son depositadas sobre las yemas vegetativas, cojines florales o frutos en desarrollo, la infección de yemas dormantes se convierte en infecciones latentes, ya que forman pequeños puntos necróticos que se activan cuando inicia el periodo de brotación (Meirelles, 2002).

### **1.3.6 Epidemiología**

La Epidemiología es la ciencia que estudia los procesos de salud y enfermedad que afectan a la población. Se interesa por conocer las características de los grupos que se ven afectados; cómo se distribuyen geográficamente y en el tiempo los eventos de salud y enfermedad; con qué frecuencia se manifiestan y cuáles son las causas o factores asociados a su surgimiento. La Epidemiología se ocupó del estudio de los factores que causan o están asociados con la enfermedad,

así como también del estudio de la prevalencia, incidencia y distribución de las enfermedades que afectan a poblaciones humanas con el objetivo de determinar las formas de prevención y control de estas enfermedades (Osuna , 1973).

#### 1.3.6.1 Epidemiología de la escoba de bruja

*Moniliophthora perniciosa* taxonómicamente pertenece al orden de agaricales, que predominantemente son saprófitos y habitantes de la rizosfera (Evans y Barreto, 1996). Las basidiósporas son los únicos propágulos capaces de causar infecciones en meristemos (brotes, yemas florales y frutos jóvenes) (Evans y Bastor, 1980).

Se ha observado que en huertos comerciales sin sombra y con presencia de la plaga, los rendimientos iniciales son altos, pero posteriormente decrecen por el aumento de “incidencia de la escoba de bruja del cacao”, debido al incremento de la actividad meristemática y desarrollo activo de brotes y botones florales. Se han determinado diferentes biotipos de *Moniliophthora perniciosa* los cuales se definen con base en su adaptación a diferentes hospedantes, el biotipo-C infecta cacao, el biotipo-L es asociado a infecciones en especies de la familia Bignoniaceae, el biotipo-H infecta especies de la familia Malpighiaceae y el biotipo-S que infecta a Solanáceas (Marelli, Maximova, Gramacho, Kang, Guiltinan, 2009). Sin embargo; en hospedantes diferentes al cacao la enfermedad no ha mostrado un comportamiento epidémico; probablemente se debe a que el ciclo de vida del hongo requiere al menos de un año para completarlo, por lo que en especies anuales esto es imposible (Evans y Barreto, 1996).

Los factores ambientales que influyen en el desarrollo de la enfermedad son complejos. El factor más importante es la humedad, ya que la producción de cuerpos fructíferos en las escobas depende de los períodos de humedad. La mayoría de las escobas forman cuerpos fructíferos con períodos moderados de humedad (8-16 horas), rangos superiores o inferiores inhiben la formación de cuerpos fructíferos. Las temperaturas favorables son de 20°C a 30 °C (CABI, 2016).

El patosistema Cacao - *Moniliophthora perniciosa* es dependiente y limitado por la humedad atmosférica (lluvia, niebla, rocío y humedad relativa), la

presencia o ausencia de cualquiera de las condiciones ambientales afecta la fenología del hospedante, la producción de basidiocarpos, la liberación de basidiosporas, la dispersión, infección y la sincronía entre estos eventos (Backman y Sikora, 2008).

La temperatura regula la tasa de desarrollo de la enfermedad, pero rara vez es un factor limitante de su desarrollo; ésta juega un papel importante en el secado de las escobas, la producción de basidiocarpos; la evapotranspiración, la cual induce estrés por humedad y asfixia de los tejidos del hospedero, por ende incrementa el número y sincronía de los sitios de infección (Peshin y Dhawan, 2009).

Los basidiocarpos son producidos por *Moniliophthora perniciosa* en respuesta tanto a la humedad como a la sequía, durante períodos secos prolongados los basidiocarpos son pocos, mientras que en períodos con amplia presencia de lluvias, se presentan durante todo el año (De Almeida y Valle, 2008).

Las escobas son la fuente más importante de basidiocarpos, otras fuentes pueden tener significancia epidemiológica dependiendo de la edad del árbol, los factores climáticos y las prácticas fitosanitarias, pueden producir docenas o centenas de ellas y cada uno de ellos puede producir desde cientos a miles de basidiosporas durante su periodo de viabilidad (Peshin y Dhawan, 2009).

Los basidiocarpos no sobreviven por mucho tiempo (3 días después de llegar a la madurez), pero una “escoba” puede originar hasta 30 setas en una semana y continuar produciéndolas durante dos años o más de forma estacional (Porras y Sánchez, 1991).

Las basidiosporas son liberadas por los basidiocarpos durante la noche, sobre todo entre las 18:00 y 06:00 horas (la mayoría las liberan entre 22:00 y 04:00 horas), siempre y cuando la humedad sea lo suficientemente alta para mantener turgentes a los basidiocarpos. Las condiciones óptimas para la liberación son temperaturas de 20-25 °C y humedad relativa de 80 %. (Evans y Bastor, 1980).

Estos factores también influyen en la longevidad y la producción de esporas, la mayoría de los basidiocarpos permanecen liberando esporas de 2-4

días si las condiciones son favorables, con una producción total de 2 a 3.5 millones de esporas (CABI, 2016).

Los rebrotes jóvenes, especialmente aquellos en desarrollo, son los más susceptibles. A medida que los rebrotes se desarrollan, se vuelven más resistentes. Sin embargo, la inoculación de un rebrote endurecido por debajo del punto de crecimiento puede causar un leve abultamiento, lo que lleva a la formación de un cancro. La susceptibilidad del fruto también varía con el tiempo. El período exacto de susceptibilidad es difícil de determinar debido a que la manifestación de los síntomas (necrosis) es retardada, pero puede ser alrededor de la semana 12, a partir de la formación de los frutos. Se ha observado que en frutos inmaduros de más de 6 cm de largo rara vez se presentan infecciones. El desarrollo de la infección está influido por los factores ambientales, uno de los más importantes es el agua sobre los tejidos sensibles. Las basidiosporas de *Moniliophthora perniciosa* germinan rápidamente en agua; la germinación se produce entre 3-4 horas a 22-24 °C (CABI, 2016).

#### **1.3.6.2 Dispersión**

El patógeno puede permanecer en el hipocótilo de una semilla sin germinar y seguirá siendo viable mientras la semilla esté viva (Cronshaw y Evans, 1978). Se ha demostrado que las basidiosporas pueden ser dispersadas por el agua de lluvia, cuando entran en contacto con las partes bajas de ramas y troncos de árboles enfermos (CABI, 2016).

Las vainas de cacao infectadas con *Moniliophthora perniciosa* pueden contener semillas enfermas, las cuales además de ser una fuente potencial de inóculo, pueden emplearse para siembra. Sin embargo las semillas provenientes de vainas de frutos enfermos mueren o no son viables (Cronshaw y Evans, 1978; Frison y Feliu, 1989).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1 Tipo y nivel de investigación.**

##### **2.1.1 Tipo de investigación.**

La investigación es de tipo básico ya que se enfoca en la identificación de accesiones de cacao silvestre con menor incidencia de *Moniliophthora perniciosa*.

##### **2.1.2 Nivel de investigación.**

El nivel de investigación Descriptivo-Explicativo ya que se determina la epidemiología *Moniliophthora perniciosa*.

#### **2.2 Población y muestra.**

##### **2.2.1 Población.**

Accesiones de cacao recolectadas en la cuenca del Alto Amazonas de los valles de los ríos Santiago y Morona.

##### **2.2.2 Muestra.**

Consta de 20 accesiones, cada una con 5 repeticiones; es decir 5 plantas injertadas de cada accesión.

#### **2.3 Ubicación del área de estudio.**

##### **2.3.1 Área de estudio.**

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental “El Choclino” del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), ubicado a 4 km del distrito de la Banda de Shilcayo, con un período de ejecución de año y dos meses de las cuales se evaluaron desde el 24 de setiembre del 2016 al 14 octubre del 2017.





Figura 1: Mapa de la provincia de San Martín indicando la localización de la estación experimental “El Choclino”, en el distrito de la banda de Shilcayo. Fuente: ICT (2009).

### 2.3.2 Ubicación Política:

Departamento : San Martín.

Provincia : San Martín.

Distrito : Banda de Shilcayo.

Sector : Alto Choclino.

Estación : E.E El Choclino-Instituto de Cultivos Tropicales.

### 2.3.3 Ubicación geográfica:

Latitud Sur : 06°28'37,3''

Longitud Oeste : 76°19'54,6''

Altitud : 506 m.s.n.m.m.

### 2.3.4 Accesibilidad:

El acceso a la Estación Experimental Choclino desde la Plaza central del distrito de la Banda de Shilcayo de la Provincia de San Martín es de 4 km aproximadamente, con tiempo aproximado de 20 minutos; teniendo las rutas:

- Plaza central Banda de Shilcayo al AA.VV Satélite a 1 km (carretera asfaltada).
- AA.VV Satélite al Sector Choclino (Quebrada Choclino) a 2 km (carretera afirmado).

- Sector Choclino (Quebrada Choclino) a la Estación Choclino a 1 km (camino de penetración).

## 2.4 Selección de accesiones.

El Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) tiene instalado en su Estación Experimental “El Choclino” un banco de germoplasma de cacao silvestre de 4 expediciones realizadas; con 453 accesiones, para este estudio se evaluó 20 accesiones seleccionadas al azar de las cuencas Santiago y Morona (Figura 12 ), que constan de la primera expedición realizada; contando cada una con 5 repeticiones; es decir 5 plantas injertadas de cada accesión, estando a un distanciamiento de 3 metros entre filas y 2 metros entre plantas; cabe recalcar que las plantas tienen 15 años de edad.

Las accesiones evaluadas se encuentran distribuidos en un sistema agroforestal (SAF). Se evaluó cada planta en estado de producción el número de frutos enfermos infectados, número de cojines florales infectados y número de brotes infectados con escoba de bruja (Arévalo, Zuñiga, Arévalo y Adriazola, 2001). Se recolectó y enterró los frutos, cojines florales y ramas infectados con escoba de bruja, con la intención de no contar 2 veces lo mismo en las evaluaciones y evitar la proliferación de la enfermedad; se registró los datos de incidencia cada 2 meses durante 10 meses.

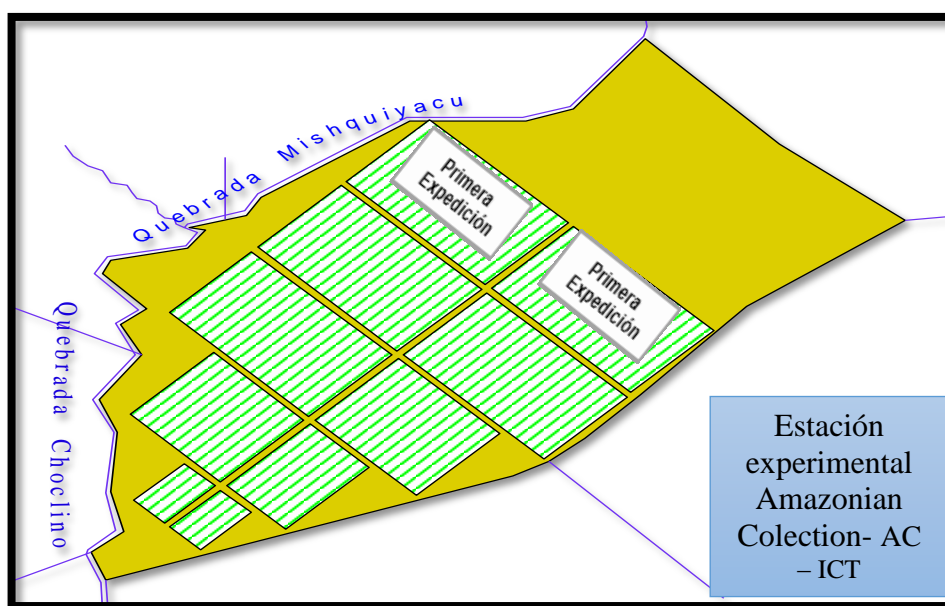


Figura 2: Estación experimental Amazonian Collection -AC. Fuente: ICT. (2009).



## 2.5 Diseño de la investigación

El diseño experimental es de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A), para este estudio se evaluó 20 accesiones de las cuencas SANTIAGO Y MORONA, que constan la primera expedición realizada (Tabla 1); contando cada una con 5 repeticiones; es decir 5 plantas injertadas de cada accesión.

**Tabla 1:**

*Accesiones de cacao colección ICT evaluados y su procedencia.*

N°	Accesiones	Ubicación	
		Cuenca de los ríos	Sector
1	SAN 191	Santiago	Alto Amazonas
2	SAN 201	Santiago	Alto Amazonas
3	SAN 215	Santiago	Alto Amazonas
4	SAN 255	Santiago	Alto Amazonas
5	SAN 223	Santiago	Alto Amazonas
6	SAN 225	Santiago	Alto Amazonas
7	SAN 227	Santiago	Alto Amazonas
8	SAN 233	Santiago	Alto Amazonas
9	SAN 235	Santiago	Alto Amazonas
10	SAN 239	Santiago	Alto Amazonas
11	MOR 202	Morona	Alto Amazonas
12	MOR 206	Morona	Alto Amazonas
13	MOR 214	Morona	Alto Amazonas
14	MOR 224	Morona	Alto Amazonas
15	MOR 228	Morona	Alto Amazonas
16	MOR 232	Morona	Alto Amazonas
17	MOR238	Morona	Alto Amazonas
18	MOR 256	Morona	Alto Amazonas
19	MOR 258	Morona	Alto Amazonas
20	MOR 262	Morona	Alto Amazonas

## 2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

### 2.6.1 Recolecciones de accesiones de cacao.

Fueron recolectadas de las afluencia de los ríos Santiago y Morona del Alto Amazonas; es por ello que llevan el nombre de los ríos. Fueron recolectadas bajo un protocolo establecido por el ICT en convenio con el departamento de agricultura de los EE.UU (USDA), las accesiones se encuentran manejados bajo un Sistema Agro-Forestal (SAF) para simular las condiciones donde fueron colectados.

Las plantas fueron injertadas en el año 2008 y 2009, siendo el patrón IMC-67 por sus características de resistencia a hongos y patógenos en el sistema radicular y anclaje en profundidad efectiva de raíces. El experimento está establecido entre las altitudes de 500 a 530 m.s.n.m.m., en 1,5 ha con suelo arcilloso, pH promedio de 6,43, materia orgánica (M.O) 4,88, Nitrógeno (N) 0,22, Fósforo (P) 11,4 y Potasio (K) 107. El área total de terreno de 8,4 ha y con perímetro de 1 432 m.

El relieve del área es de pendiente ligera a 3% (2 ha); pendiente moderada a 8% (3,5 ha); y pendiente marcada a 25% (2,90 ha). Este predio corresponde a un bosque secundario de 35 años con suelos de reacción ácida. Se tendrá en cuenta los reportes meteorológicos de Temperatura mensual, Precipitación mensual y Humedad relativa mensual durante el período de evaluaciones (tabla 18 en anexos) y evaluación de la intensidad de luz con un luxómetro (tabla 19 en anexos).



Figura 3: Banco de germoplasma de cacao silvestre – ICT

## 2.7 Indicadores.

### 2.7.1 Número de frutos con escoba de bruja.

Se evaluó y recolectó todos los frutos que estén infectados con escoba de bruja por accesiones después se enterró con hojarasca para evitar la diseminación del hongo en la parcela.

Se evaluó el ataque que ocurre en cualquier estado de su desarrollo, sin embargo son más susceptibles los frutos menores de tres meses, cuando es atacado en sus primeros estadios de crecimiento. En frutos poco desarrollados no se

presentan deformaciones sino la aparición de puntos necróticos, seguidos de la configuración propia de la enfermedad, mancha negra brillante circular, con daño total de sus almendras. En frutos mayores de cuatro meses, el síntoma característico es la formación de islas verdes rodeados de color normal de madurez (Arévalo et al., 2001).



Figura 4: A) y B) Frutos infectados con escoba de bruja.

### **Determinación de la incidencia de frutos con escoba de bruja.**

Para la determinación de la incidencia de frutos con escoba de bruja se realizó utilizando la siguiente formula.

$$\text{Incidencia frutos enfermos} = \frac{\text{Suma N}^\circ \text{ frutos con escoba de bruja}}{\text{Suma N}^\circ \text{ total de frutos}} \times 100$$

### **2.7.2 Número de cojines florales con escoba de bruja.**

Se evaluó y recolectó todos los cojines florales que estén infectados con escoba de bruja por accesiones, después se enterró para evitar la diseminación del hongo en la parcela.

La evaluación de la infección se caracteriza por la no caída de las flores, las cuales engrosan su pedicelo, adquieren un mayor tamaño y por lo regular el ovario se desarrolla sin ser fecundado, dando lugar a frutos chirimoyos, el cojín infectado

en la mayoría de los casos emite brotes vegetativos en forma anormal, transmitiéndose en escobas que lentamente disminuye la capacidad productiva del árbol al destruir los cojines (Arévalo et al, 2001).



Figura 5: A) y B) Cojines florales infectados con escoba de bruja.

### **Determinación de la incidencia de cojines florales con escoba de bruja**

Para la determinación de la incidencia de cojines florales con escoba de bruja se realizó utilizando la siguiente formula.

$$\text{Incidencia cojines enfermos} = \frac{\text{Suma N}^\circ \text{ cojines florales enfermos}}{\text{Suma de N}^\circ \text{ total de cojines}} \times 100$$

#### **2.7.3 Número de brotes con escoba de bruja.**

Se evaluó y recolectó todos los brotes que estén infectados con escoba de bruja por accesiones después se enterró para evitar la diseminación del hongo en la parcela.

Se evaluó el daño que se produce en las yemas terminales o axilares del árbol, que se encuentra en plena brotación, ocasionando hipertrofias que se denominan escobas, estos tejidos no lignifican y mueren entre la cuarta y sexta semana debido a que la planta reacciona abortándolos adquiriendo una coloración marrón oscura.



En muchos casos es común observar síntomas discretos a típicos poco visibles, como hinchamiento de pulvinolos, peciolos erectos en contraste con las hojas normales, callosidades y agallas asociadas a heridas especialmente en tallos tiernos y otras hojas muertas colgando el follaje (Arévalo et al, 2001).



Figura 6: A) Brotes de escoba de bruja en desarrollo de su ciclo de vida, B) Brotes de escoba de bruja terminando su ciclo de vida y C) Brotes de escoba de bruja en chupones.

### **Determinación de la incidencia de brotes con escoba de bruja**

Para la determinación de la incidencia de brotes con escoba de bruja se realizó utilizando la siguiente formula.

$$\text{Incidencia de brotes con escoba} = \frac{\text{Suma N}^\circ \text{ de brotes con escoba de bruja}}{\text{Suma de N}^\circ \text{ total de brotes}} \times 100$$

#### 2.7.4. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)

Con los datos de las evaluaciones de incidencia se calculará el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (Area Under Disease Progress Curve) o AUDPC. Con los datos de AUDPC se realizó el análisis de variancia para dato no paramétrico y la prueba de H de Kruskall –Wallis (Córdova, 2002).

$$AUDPC = \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \left[ (y_i + y_{i+1}) / 2 \right] * (t_{i+1} - t_i) \right\}$$

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1 Incidencia de escoba de bruja en la primera evaluación.

En la tabla 13 (Anexos), se muestra el análisis de varianza de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes en plantas de cacao evaluados el 24 de setiembre del 2016, no se encontraron diferencias significativas en genotipos ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 2, se muestra el análisis de varianza ( $p$ -valor) del porcentaje de incidencia de frutos, cojín floral y brotes con escoba de bruja en plantas de cacao. Para accesiones no se observaron diferencias significativas para los tres partes vegetativas evaluados.

**Tabla 2:**

*Análisis de varianza ( $p$ -Valor) de incidencia de escoba de bruja primera evaluación.*

F.V.	g.l.	<i>p-Valor de Escoba de bruja</i>		
		Frutos	Cojín floral	Brotes
Accesiones	19	0,5681	0,5282	0,7651
Repetición	4	0,2007	0,8294	0,8370
Error	76			
Total	99			

\* Significativo al 5 % con el test F.

Así, en la figura 7 se observa la incidencia de escoba de bruja en 20 diferentes accesiones de cacao en la primera evaluación, la accesión de la Cuenca del Río Morona (MOR) 206; muestra 100% de la incidencia de escoba de bruja en frutos, así como también la accesión (MOR) 258 con 100 %. Mientras que la incidencia de escoba de bruja en cojines florales en 100%; mostraron las accesiones SAN 227, SAN 233, SAN 239, MOR 206 y MOR 214. También el 100% de incidencia de escoba de

bruja en brotes se mostró en MOR 256. Esto nos muestra que las accesiones mencionadas no han tenido ningún aumento de la enfermedad según sus partes vegetativas (frutos, cojín floral y brotes), dado que la primera recolección fue suficiente para su control de esta enfermedad en esas accesiones. Estos números de frutos, cojín floral y brotes de escoba de bruja según accesiones se muestran en la tabla 3, y su prueba de Duncan.

**Tabla 3:**

*Número de escoba de bruja de la primera evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan.*

Accesiones	Frutos	Interpr.	Cojín floral	Interpr.	Brotes	Interpr.	
CUENCA DE RÍO SANTIAGO (SAN)	191	8	a	2	a	0	A
	201	4	ab	0	a	1	A
	215	4	ab	0	a	0	A
	255	2	ab	2	a	1	A
	223	4	ab	0	a	0	A
	225	3	ab	0	a	0	A
	227	2	ab	3	a	4	A
	233	3	ab	3	a	1	A
	235	4	ab	1	a	0	A
	239	1	ab	6	a	1	A
CUENCA DEL RÍO MORONA (MOR)	202	0	b	6	a	0	A
	206	6	ab	1	a	0	A
	214	3	ab	2	a	0	A
	224	3	ab	2	a	1	A
	228	3	ab	2	a	0	A
	232	0	b	0	a	3	A
	238	0	b	0	a	0	A
	256	5	ab	0	a	1	A
	258	2	ab	0	a	0	A
	262	2	ab	0	a	0	A

Letras distintas en columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).



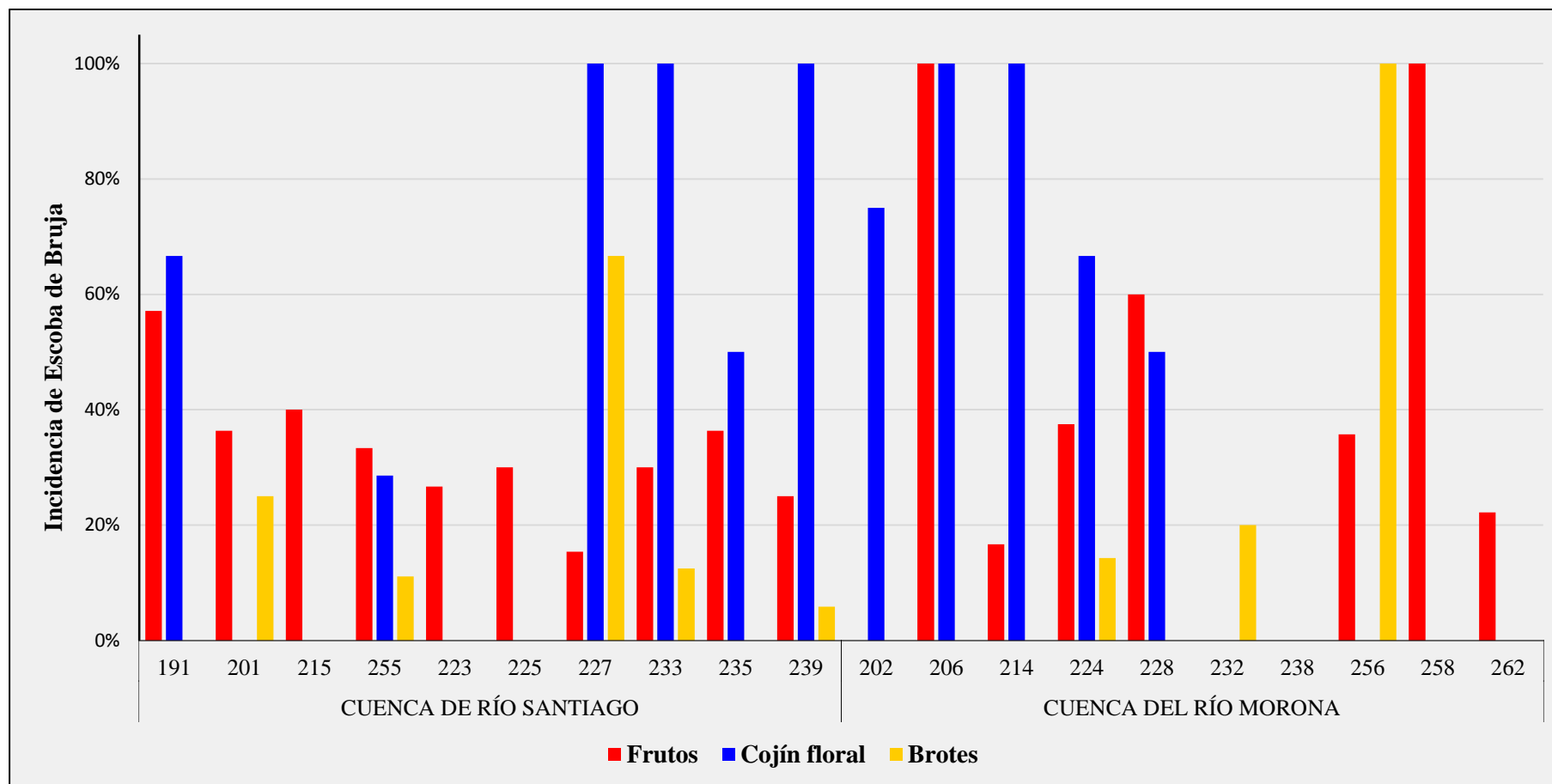


Figura 7: Primera evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativa.

### 3.1.2 Incidencia de escoba de bruja en la segunda evaluación.

En la tabla 14 (Anexos), se muestra el análisis de varianza de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes en plantas de cacao evaluados el 26 de noviembre del 2016, no se encontraron diferencias significativas en accesiones ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 4, se muestra el análisis de varianza ( $p$ -valor) del porcentaje de incidencia de frutos, cojín floral y brotes con escoba de bruja en plantas de cacao. Para accesiones no se observaron diferencias significativas para los tres partes vegetativas evaluados.

**Tabla 4:**

*Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja segunda evaluación.*

F.V.	g.l.	<i>p – Valor de Escoba de bruja</i>		
		Frutos	Cojín floral	Brotes
Accesiones	19	0,7826	0,0658	0,3720
Repetición	4	0,3394	0,5184	0,1956
Error	76			
Total	99			

\* Significativo al 5 % con el test F.

Así, en la figura 8 se observa la segunda evaluación del porcentaje de incidencia de escoba de bruja en 20 diferentes accesiones de cacao, en la cual se muestra que la accesión MOR 202; muestra 100% de la incidencia de escoba de bruja en frutos. Mientras que la incidencia de escoba de bruja en cojines florales 100% mostró la accesión MOR 262. Estos números de frutos, cojín floral y brotes de escoba de bruja según accesiones y su prueba de Duncan se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5:**

*Número de escoba de bruja de la segunda evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan.*

	Accesiones	Frutos	Interpr.	Cojín floral	Interpr.	Brotes	Interpr.
<b>CUENCA DE RÍO SANTIAGO (SAN)</b>	<b>191</b>	3	a	1	b	4	A
	<b>201</b>	5	a	1	b	0	b
	<b>215</b>	1	a	0	b	2	ab
	<b>255</b>	0	a	1	b	1	ab
	<b>223</b>	0	a	1	b	0	b
	<b>225</b>	3	a	2	b	2	ab
	<b>227</b>	0	a	0	b	2	ab
	<b>233</b>	0	a	0	b	0	b
	<b>235</b>	0	a	0	b	0	b
	<b>239</b>	0	a	0	b	0	b
<b>CUENCA DEL RÍO MORONA (MOR)</b>	<b>202</b>	3	a	0	b	0	b
	<b>206</b>	0	a	0	b	0	b
	<b>214</b>	2	a	0	b	1	ab
	<b>224</b>	3	a	1	b	0	b
	<b>228</b>	0	a	0	b	0	b
	<b>232</b>	4	a	0	b	0	b
	<b>238</b>	2	a	3	b	0	b
	<b>256</b>	3	a	0	b	0	b
	<b>258</b>	0	a	0	b	0	b
	<b>262</b>	0	a	11	a	0	b

Letras distintas en columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

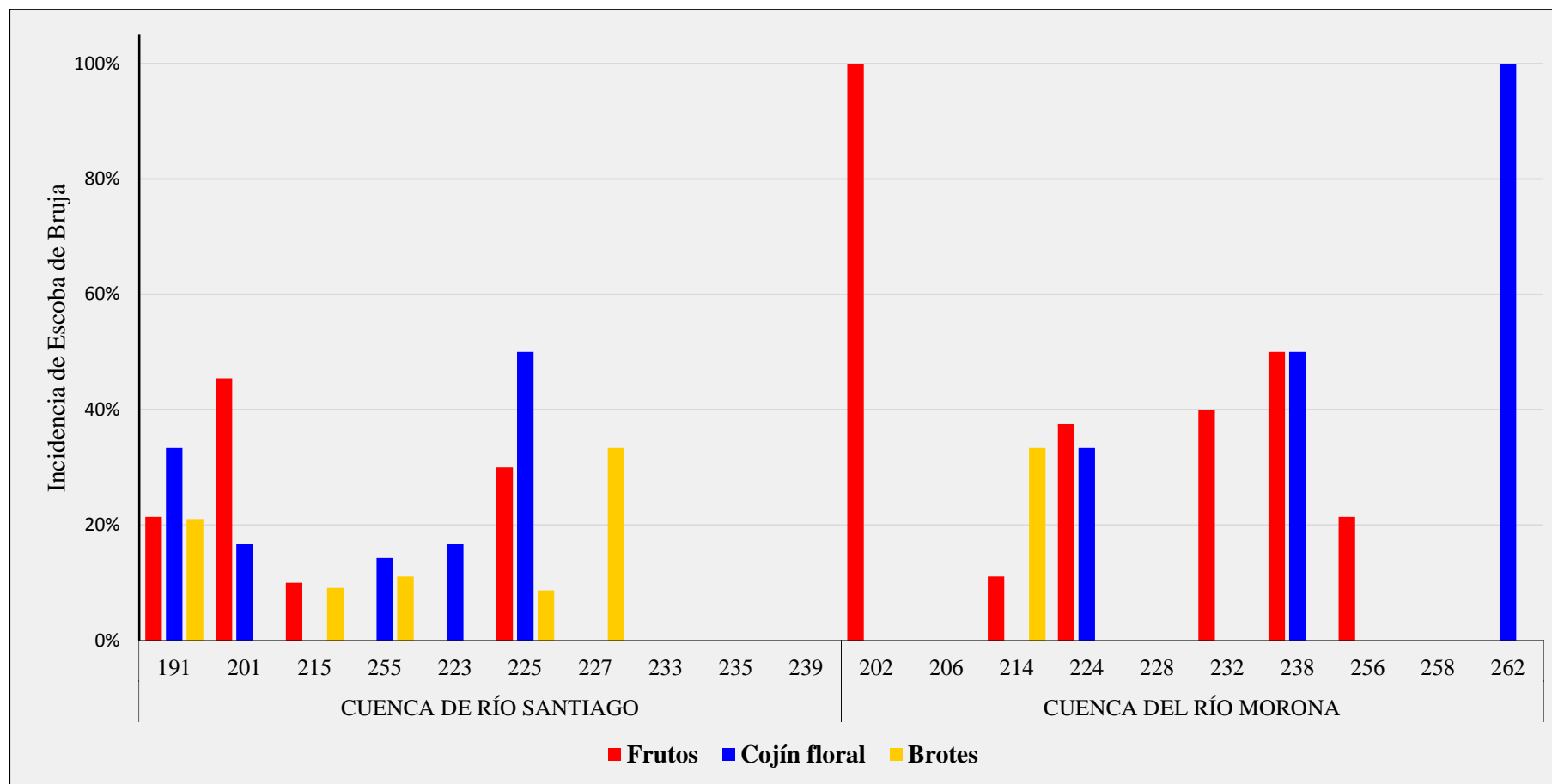


Figura 8: Segunda evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.

### 3.1.3 Incidencia de escoba de bruja en la tercera evaluación.

En la tabla 15 (Anexos), se muestra el análisis de varianza de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes en plantas de cacao evaluados el 15 de abril del 2017, en lo cual solo se encontró diferencias significativas en accesiones para frutos con escoba de bruja. ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 6, se muestra el análisis de varianza ( $p$ -valor) del porcentaje de incidencia de frutos, cojín floral y brotes con escoba de bruja en plantas de cacao. En las accesiones se encontró diferencia significativa en frutos con escoba de bruja, mientras que para cojín floral y brotes no se encontraron diferencias significativas.

**Tabla 6:**

*Análisis de varianza ( $p$ -Valor) de incidencia de escoba de bruja; tercera evaluación.*

F.V.	g.l.	<i>p – Valor de Escoba de bruja</i>		
		Frutos	Cojín floral	Brotes
Accesiones	19	<b>0,0203*</b>	0,1954	0,2055
Repetición	4	0,1321	0,6160	0,7849
Error	76			
Total	99			

\* Significativo al 5 % con el test F.

Así mismo, en la figura 9 se observa la tercera evaluación del porcentaje de incidencia de escoba de bruja en 20 diferentes accesiones de cacao, en la cual se muestra que las accesiones SAN 215 y MOR 256 muestran 100% de la incidencia de escoba de bruja en cojines florales. Mientras que la incidencia de escoba de bruja en brotes mostró 100% la accesión MOR 202. Estos números de frutos, cojín floral y brotes de escoba de bruja según accesiones y su prueba de Duncan se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7:**

*Número de escoba de bruja de la tercera evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan.*

Accesiones	Frutos	Interpr.	Cojín floral	Interpr.	Brotes	Interpr.	
CUENCA DE RÍO SANTIAGO (SAN)	191	3	b	0	b	3	ab
	201	2	b	0	b	1	b
	215	5	a	2	ab	10	ab
	255	2	b	0	b	0	b
	223	8	a	4	ab	18	a
	225	0	b	2	ab	16	ab
	227	1	b	0	b	0	b
	233	1	b	0	b	0	b
	235	2	b	0	b	0	b
	239	0	b	0	b	0	b
CUENCA DEL RÍO MORONA (MOR)	202	0	b	2	ab	1	b
	206	0	b	0	b	0	b
	214	0	b	0	b	0	b
	224	0	b	0	b	4	ab
	228	2	b	2	ab	7	ab
	232	0	b	4	ab	4	ab
	238	0	b	0	b	0	b
	256	2	b	1	ab	0	b
	258	0	b	5	a	0	b
	262	0	b	0	b	3	ab

Letras distintas en columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

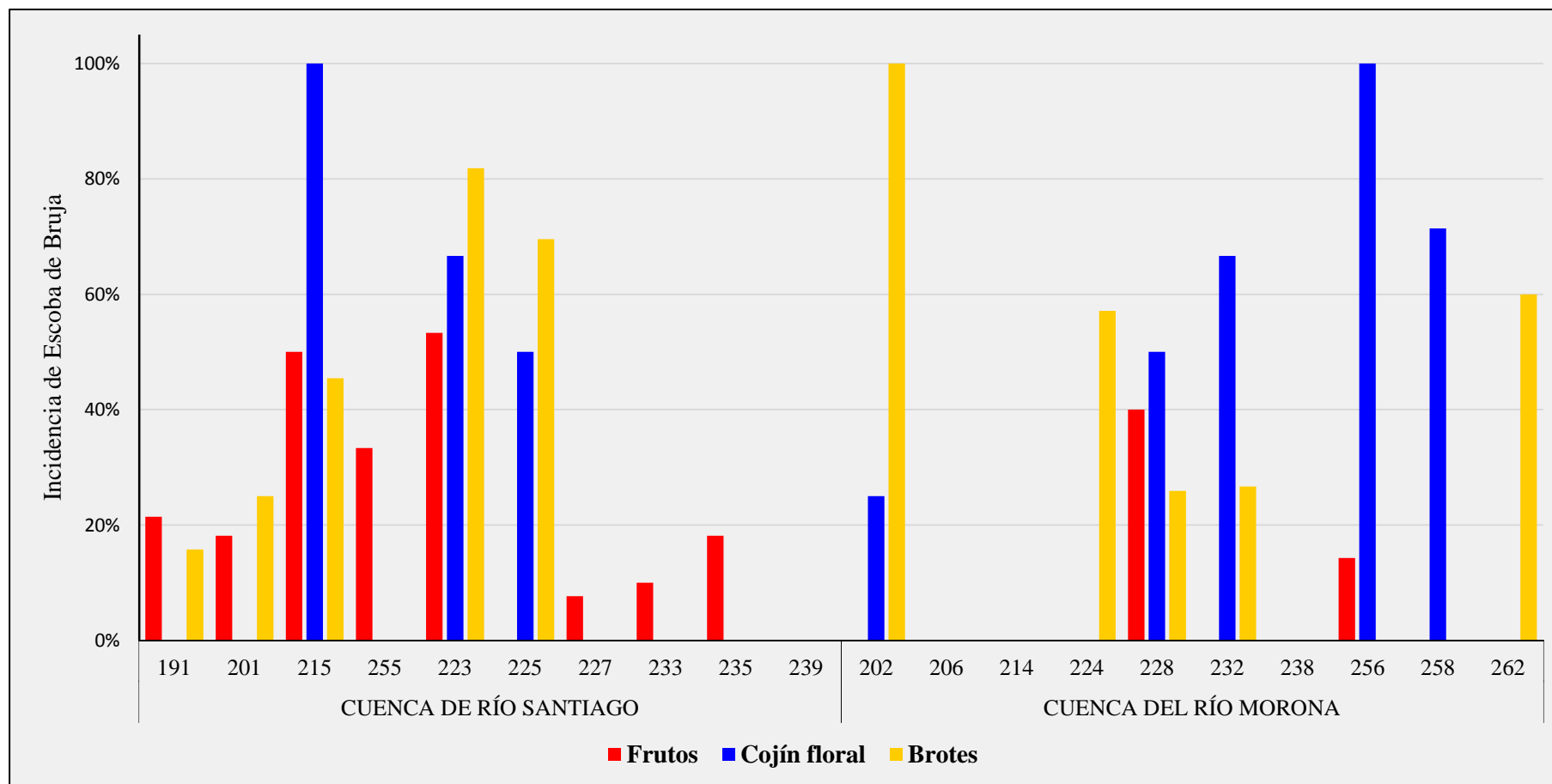


Figura 9: Tercera evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.

### 3.1.4 Incidencia de escoba de bruja en la cuarta evaluación.

En la tabla 16 (Anexos), se muestra el análisis de varianza de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes en plantas de cacao evaluados el 15 de julio del 2017, no se encontraron diferencias significativas en accesiones ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 8, se muestra el análisis de varianza ( $p$ -valor) del porcentaje de incidencia de frutos, cojín floral y brotes con escoba de bruja en plantas de cacao. Para accesiones no se observaron diferencias significativas para las tres partes vegetativas evaluados con escoba de bruja.

**Tabla 8:**

*Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja; cuarta evaluación.*

F.V.	g.l.	<i>p – Valor de Escoba de bruja</i>		
		Frutos	Cojín floral	Brotes
Accesiones	19	0,2577	0,1824	0,3611
Repetición	4	0,8677	0,7677	0,3618
Error	76			
Total	99			

\* Significativo al 5 % con el test F.

Así mismo, en la figura 10 se observa la cuarta evaluación del porcentaje de incidencia de escoba de bruja en 20 diferentes accesiones de cacao, en la cual se muestra que la accesión SAN 235 muestra 100% de la incidencia de escoba de bruja en brotes. Los números de frutos, cojín floral y brotes de escoba de bruja según accesiones y su prueba de Duncan se muestran en la tabla 9.



**Tabla 9:**

*Número de escoba de bruja de la cuarta evaluación según accesiones, parte vegetativo y la prueba de Duncan.*

Accesiones	Frutos	Interpr.	Cojín floral	Interpr.	Brotes	Interpr.	
CUENCA DE RÍO SANTIAGO (SAN)	191	0	a	0	b	7	a
	201	0	a	2	ab	1	a
	215	0	a	0	b	3	a
	255	2	a	4	a	5	a
	223	1	a	1	b	0	a
	225	4	a	0	b	2	a
	227	4	a	0	b	0	a
	233	0	a	0	b	1	a
	235	5	a	1	b	1	a
	239	1	a	0	b	7	a
CUENCA DEL RÍO MORONA (MOR)	202	0	a	0	b	0	a
	206	0	a	0	b	0	a
	214	0	a	0	b	0	a
	224	2	a	0	b	0	a
	228	0	a	0	b	9	a
	232	0	a	0	b	4	a
	238	2	a	0	b	0	a
	256	2	a	0	b	0	a
	258	0	a	2	ab	0	a
	262	3	a	0	b	2	a

Letras distintas en columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

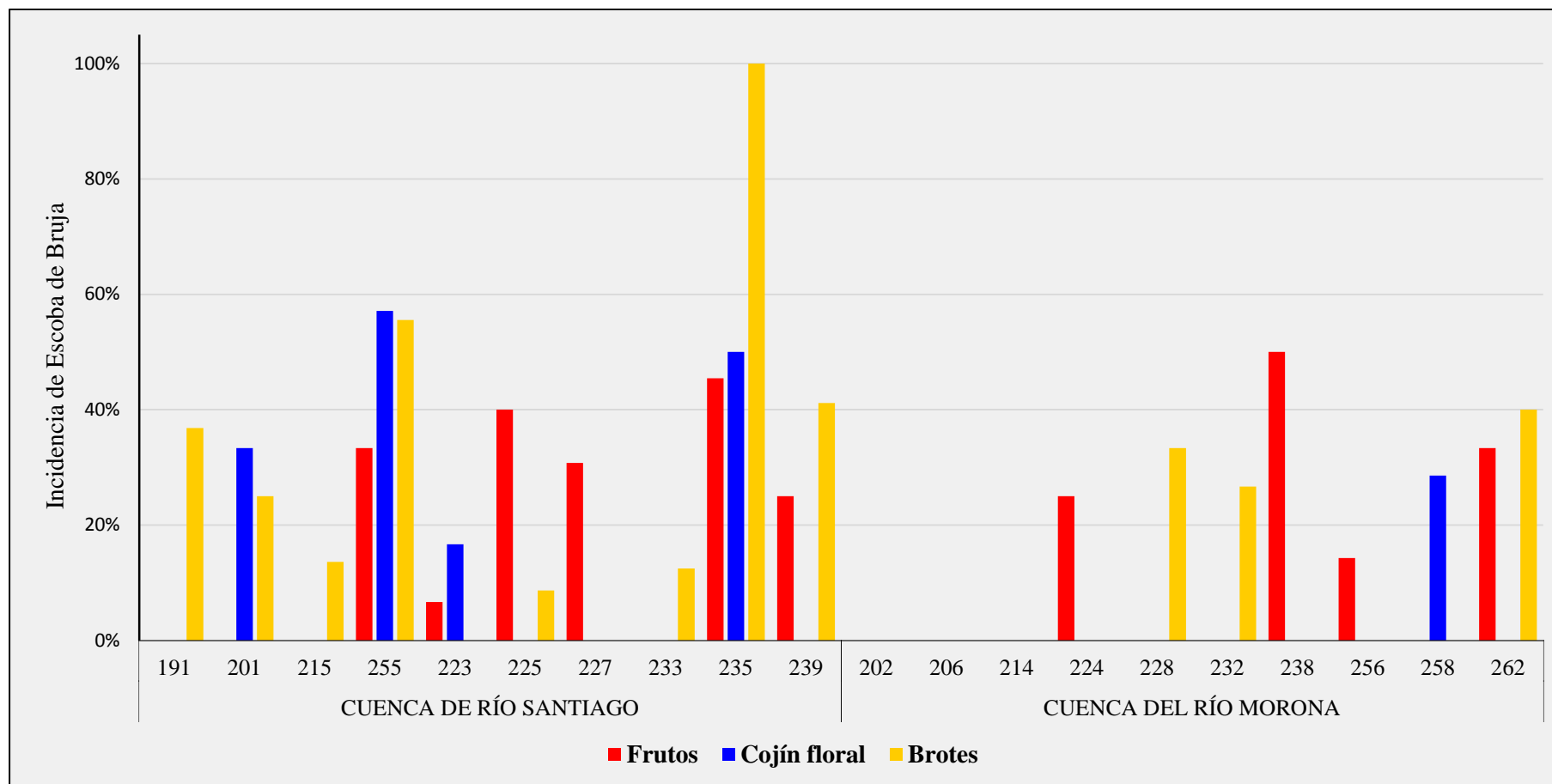


Figura 10: Cuarta evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas

### 3.1.5 Incidencia de escoba de bruja en la quinta evaluación.

En la tabla 17 (Anexos), se muestra el análisis de varianza de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes en plantas de cacao evaluados el 14 de octubre del 2017, se encontraron diferencias significativas en accesiones de la incidencia de escoba de bruja en frutos, pero en cojín floral y brotes no presentaron diferencias ( $P \leq 0,05$ ).

En la tabla 10, se muestra el análisis de varianza ( $p$ -valor) del porcentaje de incidencia de frutos, cojín floral y brotes con escoba de bruja en plantas de cacao. Para accesiones en la incidencia de escoba de bruja en frutos se observaron diferencias significativas y para cojín floral y brotes no se presentó diferencia significativa.

**Tabla 10:**

*Análisis de varianza (p-Valor) de incidencia de escoba de bruja; quinta evaluación.*

F.V.	g.l.	<i>p – Valor de Escoba de bruja</i>		
		Frutos	Cojín floral	Brotes
Accesiones	19	<b>0,0294*</b>	0,6104	0,2594
Repetición	4	0,3661	0,7286	0,3281
Error	76			
Total	99			

\* Significativo al 5 % con el test F.

Así mismo, en la figura 11 se observa la quinta evaluación del porcentaje de incidencia de escoba de bruja en 20 diferentes accesiones de cacao, en la cual se muestra que la escoba de bruja en frutos ha disminuido en la mayor cantidad de accesiones en la última evaluación. Las accesiones de la cuenca de Río Santiago fueron; SAN 223 con 2 (13% de incidencia) frutos infectados, SAN 227 con 6 (46% de incidencia) frutos infectados, SAN 233 con 6 (60% de incidencia) frutos infectados, SAN 239 con 2 (50% de incidencia) frutos infectados, también las accesiones de la cuenca del Río Morona MOR 214 con 13 (72% de incidencia) frutos infectados, MOR 232 con 6 (60% de incidencia) frutos infectados, MOR 256 con 2 (14% de incidencia) frutos infectados, MOR 262 con 4 (44% de incidencia) frutos infectados y las accesiones que no presentaron incidencia de escoba de bruja

en frutos; son SAN 191, SAN 201, SAN 215, SAN 255, SAN 225, SAN 235, MOR 202, MOR 206, MOR 224, MOR 228, MOR 238 y MOR 258. Los números de frutos, cojín floral y brotes de escoba de bruja según accesiones y su prueba de Duncan se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11:**

*Número de escoba de bruja de la quinta evaluación según accesiones, parte vegetativa y la prueba de Duncan.*

Accesiones	Frutos	Interpr.	Cojín floral	Interpr.	Brotes	Interpr.	
CUENCA DE RÍO SANTIAGO (SAN)	191	0	b	0	a	5	ab
	201	0	b	3	a	1	ab
	215	0	b	0	a	7	ab
	255	0	b	0	a	2	ab
	223	2	b	0	a	4	ab
	225	0	b	0	a	3	ab
	227	6	ab	0	a	0	b
	233	6	ab	0	a	6	ab
	235	0	b	0	a	0	b
	239	2	b	0	a	9	ab
CUENCA DEL RÍO MORONA (MOR)	202	0	b	0	a	0	b
	206	0	b	0	a	0	b
	214	13	a	0	a	2	ab
	224	0	b	0	a	2	ab
	228	0	b	0	a	11	a
	232	6	ab	2	a	4	ab
	238	0	b	3	a	0	b
	256	2	b	0	a	0	b
	258	0	b	0	a	0	b
	262	4	b	0	a	0	b

Letras distintas en columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Las accesiones evaluados con incidencia de cojín floral con escoba de bruja, no presenta nivel de significancia con la prueba Duncan (Tabla 11), sin embargo las accesiones SAN 201 muestra 50% de incidencia (3 frutos), MOR 232 muestra 33% de incidencia (2 frutos) y MOR 238 muestra 50% de incidencia (3 frutos),

mientras que las demás accesiones no presentaron ningún porcentaje de incidencia de cojines flores con escoba de bruja.

**Tabla 12:**

*Cantidad total, de Escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes de las cinco evaluaciones.*

	Accesiones	Frutos	Cojín floral	Brotes
<b>CUENCA DE RÍO SANTIAGO (SAN)</b>	<b>191</b>	14	3	19
	<b>201</b>	11	6	4
	<b>215</b>	10	2	22
	<b>255</b>	6	7	9
	<b>223</b>	15	6	22
	<b>225</b>	10	4	23
	<b>227</b>	13	3	6
	<b>233</b>	10	3	8
	<b>235</b>	11	2	1
	<b>239</b>	4	6	17
<b>CUENCA DEL RÍO MORONA (MOR)</b>	<b>202</b>	3	8	1
	<b>206</b>	6	1	0
	<b>214</b>	18	2	3
	<b>224</b>	8	3	7
	<b>228</b>	5	4	27
	<b>232</b>	10	6	15
	<b>238</b>	4	6	0
	<b>256</b>	14	1	1
	<b>258</b>	2	7	0
	<b>262</b>	9	11	5

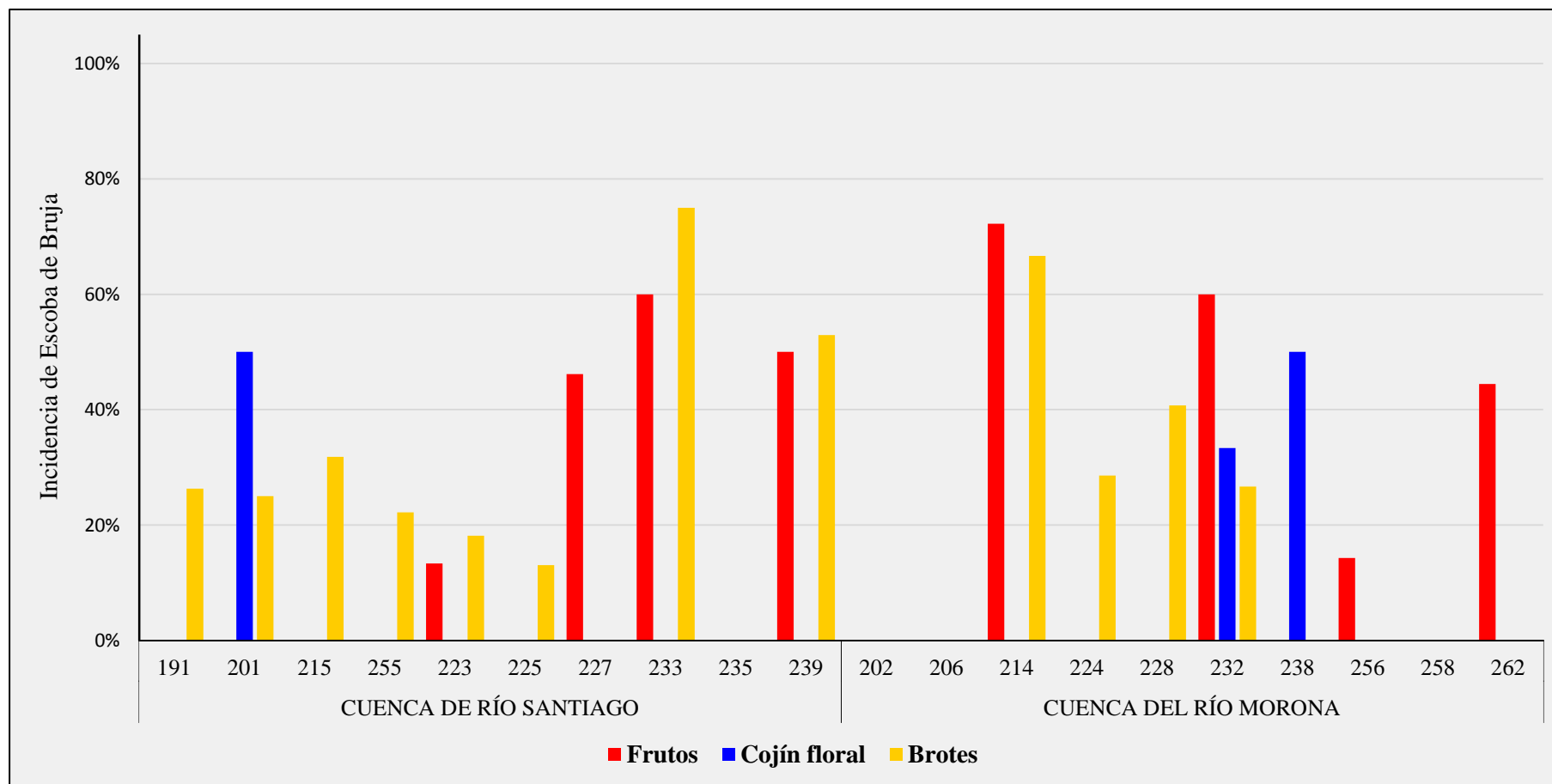


Figura 11: Quinta evaluación de incidencia de escoba de bruja en accesiones de cacao. Colores distintos indican diferentes partes vegetativas.

Mientras que las accesiones con cero por ciento de incidencia de brotes en la última evaluación, fueron SAN 227, SAN 235, MOR 202, MOR 206, MOR 238, MOR 256, MOR 258, MOR 262 y las accesiones restantes mostraron una incidencia de brotes con escoba de bruja en 13% a 75% (Figura 11).

Las accesiones de cacao estudiados (20 accesiones), con características de resistencia genética y control cultural (recolección de frutos, cojín floral y brotes) de una de las principales enfermedades del cacao la Escoba de Bruja, resultó que una accesión de la cuenca del río Santiago (SAN 235) y tres accesiones de la cuenca del río Morona (MOR 202, MOR206 y MOR 258) al termino del estudio no presentaron esta enfermedad. Estos resultados nos muestran que existen clones resistentes tal como Tarqui et al., (2017) menciona que en la selección de 21 accesiones de cacao que presenten resistencia a Escoba de bruja en Ecuador, encontró que tres accesiones (INIAPT 527, INIAPT 560 y INIAPT 526) de cacao presentaron menor incidencia de escoba de bruja y lo identificó como fuente de resistencia genética a escoba de bruja. Esto se compara también, con Sánchez et al., (2015), el comportamiento de 10 clones experimentales de cacao ante la tolerancia de Escoba de bruja, en comparación con dos testigos comerciales, de lo cual cuatro clones experimentales presentaron características de tolerancia al ataque de Escoba de bruja, a esto también se sumó un clon comercial.

En la variable número de frutos de escoba de bruja, hubo diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) para accesiones (Tabla 10). Las accesiones MOR 258 registró el menor número de escoba de bruja (2 escobas), mientras que el MOR 214 registró el mayor número (18 escobas). Esto manifestó que 12 accesiones de cacao al término de la evaluación no presentaron incidencia de escoba de bruja (Tabla 11), aunque las accesiones son diferentes, la variación de la incidencia de esta variable fue similar a la reportada por Sánchez et al., (2015) quienes evaluaron diferentes genotipos, lo que observaron diferente nivel de incidencia de la escoba de bruja según accesiones, esto es similar comparando a la investigación realizado en Rondonia por Almeida et al (2009), donde identifica a 7 accesiones (CAB 9, 13, 40, 218, 226, 417 y 45) destacando en cuanto a la menor incidencia a escoba de bruja y rendimiento productivo, que fue de intermediario a alta .

La incidencia de escoba de bruja ha disminuido en frutos de un 28% a 100%, de cojín floral de 50% a 100% y brotes de 25% a 100% en las accesiones de cacao en la última evaluación (Tabla 11), todas las accesiones presentaron condiciones iguales (Tabla 18), durante las evaluaciones de Julio a Diciembre 2016 y Enero a Octubre 2017, temperatura 27 y 26.1 °C, precipitación 405,1 y 1 447.5 mm y humedad relativa 85 y 80 % respectivamente, esto es similar a lo reportado por Sánchez et al., (2015), donde menciona que las zonas presentaron condiciones similares de temperatura, precipitación y humedad relativa, lo que la incidencia de escoba de bruja cambio según los clones de cacao. En contraste con Almeida et al., (2009), evaluaron incidencia del 2002 al 2005 y menciona que las precipitaciones cambiaron en el 2003, observando un aumento de escoba de brujas debido a las elevadas precipitaciones del año anterior.

En la tabla 12, se presenta el número total de las cinco evaluaciones de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes, lo que nos indica que el número de frutos con escoba de bruja fue desde 2 a 18 frutos, el número de cojines florales con escoba de bruja fue de 1 a 11 cojines florales y el número de brotes con escoba de bruja fue de 0 a 27 brotes. De lo cual se observa tres accesiones del río Morona (MOR 206, MOR 238 y MOR 258) que no presentaron brotes infectados con escoba de bruja.



### 3.1.6. Cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC).

#### 3.1.6.1. Prueba de H de Kruskal-Wallis para AUDPC obtenidos con datos de incidencia bajo condiciones de infección natural, en Frutos de Cacao.

Variable	Accesiones	Medias	Promedio rangos	H	p
audpc en Frutos	MOR 202	1500.00	4.00	18.19	0.4568
audpc en Frutos	MOR 206	1500.00	4.00		
audpc en Frutos	MOR 214	1500.00	4.00		
audpc en Frutos	MOR 224	1890.00	10.00		
audpc en Frutos	MOR 228	1500.00	4.00		
audpc en Frutos	MOR 232	1500.00	4.00		
audpc en Frutos	MOR 238	2250.00	16.00		
audpc en Frutos	MOR 256	19335.00	17.00		
audpc en Frutos	MOR 258	1500.00	4.00		
audpc en Frutos	MOR 262	1980.00	12.50		
audpc en Frutos	SAN 191	27945.00	18.00		
audpc en Frutos	SAN 201	50085.00	20.00		
audpc en Frutos	SAN 215	31500.00	19.00		
audpc en Frutos	SAN 223	1605.00	8.00		
audpc en Frutos	SAN 225	2100.00	14.00		
audpc en Frutos	SAN 227	1965.00	11.00		
audpc en Frutos	SAN 233	1500.00	4.00		
audpc en Frutos	SAN 235	2160.00	15.00		
audpc en Frutos	SAN 239	1875.00	9.00		
audpc en Frutos	SAN 255	1980.00	12.50		

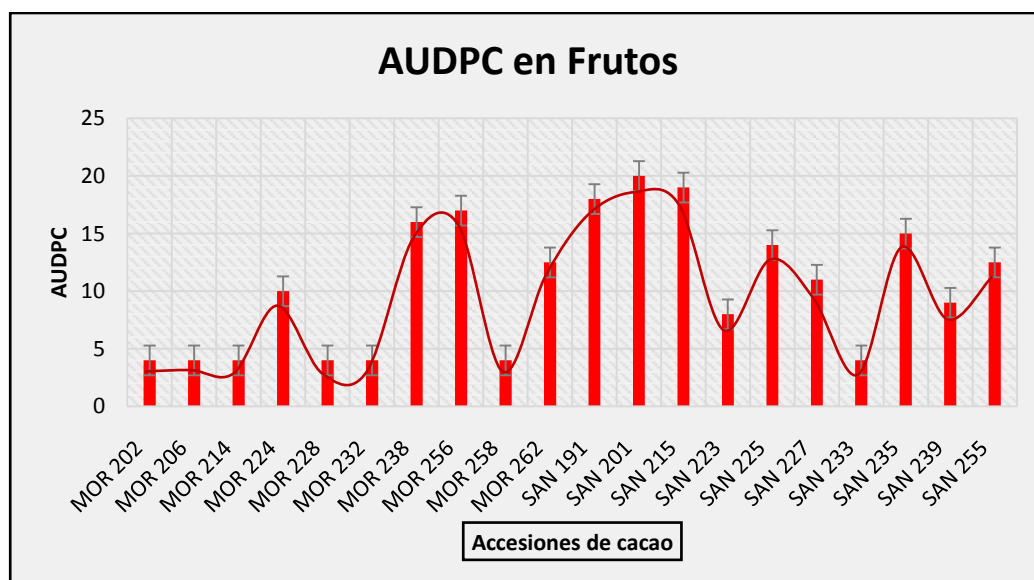


Figura 13: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en frutos de cacao.

La prueba de H para datos no paramétricos con los valores de AUDPC de 20 Accesiones de cacao, indica que hay ciertas diferencias en el comportamiento de la enfermedad (% de Incidencia de escoba de bruja en frutos) con respecto a las Accesiones, siendo las Accesiones MOR 202, MOR 206, MOR 214, MOR 228, MOR 232, MOR 258 y

SAN 233 con el menor rango de AUDPC (Valor Rango de 4), seguido de SAN 223, SAN 239 y MOR 224 con valores de AUDPC de 8, 9 y 10 respectivamente, lo cual indica que estas Accesiones mostraron resistencia bajo condiciones de infección natural de la enfermedad, a diferencia de las demás Accesiones que mostraron mayores AUDPC con rangos de 15 a 20.

### 3.1.6.2. Prueba de H de Kruskal-Wallis para AUDPC obtenidos con datos de incidencia bajo condiciones de infección natural, en Flores de Cacao.

Variable	Accesiones	Medias	Promedio rangos	H	p
audpc en Flores	MOR 202	1500.00	8.00	13.80	0.4568
audpc en Flores	MOR 206	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 214	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 224	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 228	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 232	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 238	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 256	1500.00	8.00		
audpc en Flores	MOR 258	1935.00	15.00		
audpc en Flores	MOR 262	1500.00	8.00		
audpc en Flores	SAN 191	1500.00	8.00		
audpc en Flores	SAN 201	1995.00	16.00		
audpc en Flores	SAN 215	0.00	1.00		
audpc en Flores	SAN 223	70110.00	19.00		
audpc en Flores	SAN 225	151500.00	20.00		
audpc en Flores	SAN 227	1500.00	8.00		
audpc en Flores	SAN 233	1500.00	8.00		
audpc en Flores	SAN 235	2250.00	17.00		
audpc en Flores	SAN 239	1500.00	8.00		
audpc en Flores	SAN 255	2355.00	18.00		

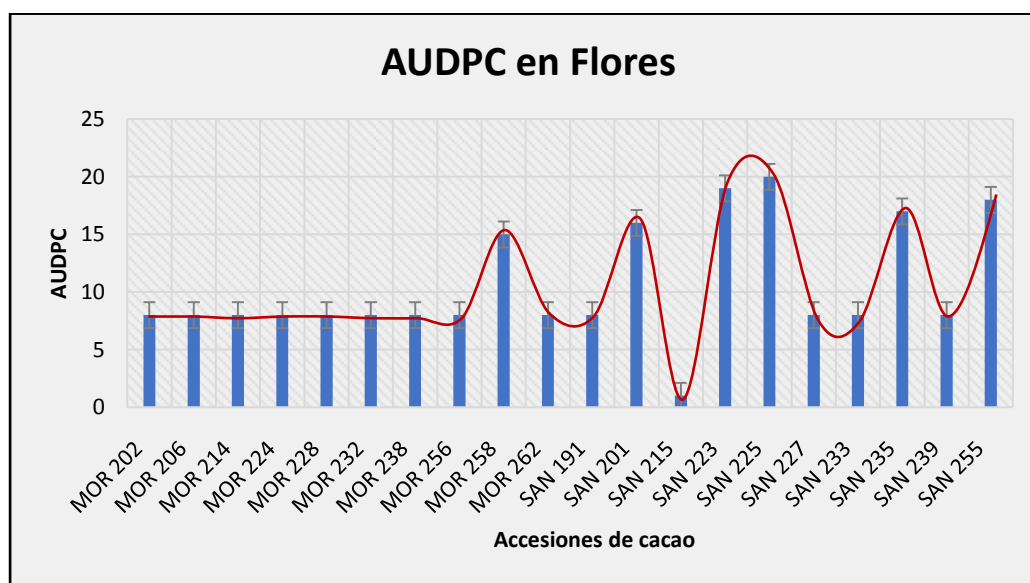


Figura 12: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en flores de cacao.

La prueba de H para datos no paramétricos con los valores de AUDPC de 20 Accesiones de cacao, indica que hay ciertas diferencias en el comportamiento de la enfermedad (% de Incidencia de escoba de bruja en cojines florales) con respecto a las Accesiones, siendo la Accesoión SAN 215 con el menor rango de AUDPC (Valor Rango de 1), seguido de las Accesiones MOR 202, MOR 206, MOR 214, MOR 224, MOR 228, MOR 232, MOR 238, MOR 256, MOR 262, SAN 191, SAN 227, SAN 233 y SAN 239. Con rangos de AUDPC de 8, lo cual indica que estas Accesiones mostraron resistencia bajo condiciones de infección natural de la enfermedad, a diferencia de las demás Accesiones que mostraron mayores AUDPC con rangos de 15 a 20.

### **3.1.6.3. Prueba de H de Kruskal-Wallis para AUDPC obtenidos con datos de incidencia bajo condiciones de infección natural, en Brotes de Cacao.**

Variable	Accesiones	Medias	Promedio rangos	H	p
audpc en Brotes	MOR 202	1500.00	6.50	18.44	0.4568
audpc en Brotes	MOR 206	0.00	2.00		
audpc en Brotes	MOR 214	1500.00	6.50		
audpc en Brotes	MOR 224	1500.00	6.50		
audpc en Brotes	MOR 228	1995.00	13.00		
audpc en Brotes	MOR 232	1920.00	12.00		
audpc en Brotes	MOR 238	0.00	2.00		
audpc en Brotes	MOR 256	1500.00	6.50		
audpc en Brotes	MOR 258	0.00	2.00		
audpc en Brotes	MOR 262	2100.00	14.00		
audpc en Brotes	SAN 191	22215.00	18.00		
audpc en Brotes	SAN 201	1875.00	11.00		
audpc en Brotes	SAN 215	26010.00	19.00		
audpc en Brotes	SAN 223	1500.00	6.50		
audpc en Brotes	SAN 225	39450.00	20.00		
audpc en Brotes	SAN 227	1500.00	6.50		
audpc en Brotes	SAN 233	1710.00	10.00		
audpc en Brotes	SAN 235	3000.00	17.00		
audpc en Brotes	SAN 239	2115.00	15.00		
audpc en Brotes	SAN 255	2340.00	16.00		

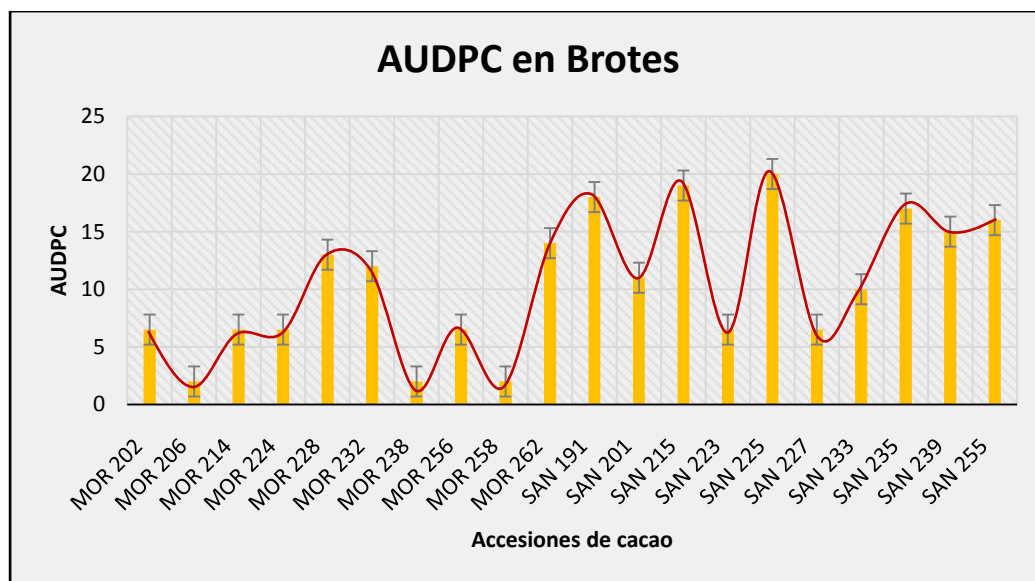


Figura 13: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) en brotes de cacao.

La prueba de H para datos no paramétricos con los valores de AUDPC de 20 Accesiones de cacao, indica que hay ciertas diferencias en el comportamiento de la enfermedad (% de Incidencia de escoba de bruja en brotes) con respecto a las Accesiones, siendo las Accesiones MOR 206, MOR 238 y MOR 258 las que obtuvieron menor rango de AUDPC (Rango de 2), seguido de, MOR 202, MOR 214, MOR 224, MOR 256, SAN 223 y SAN 227 con valores de AUDPC de 6.5, lo cual indica que estas Accesiones mostraron resistencia bajo condiciones de infección natural de la enfermedad, a diferencia de las demás Accesiones que mostraron mayores AUDPC con rangos de 10 a 20.

## CONCLUSIONES

- La accesión SAN 235 de la cuenca del río Santiago y las accesiones MOR 202, MOR206 y MOR 258 de la cuenca del río Morona, no presentaron incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes al término del estudio, por lo que se considera promisorios para programas de mejoramiento genético por su resistencia a escoba de bruja.
- La variable frutos de las accesiones de cacao al término del estudio no presentaron incidencia de escoba de bruja las accesiones SAN 191, SAN 201, SAN 215, SAN 255, SAN 225 y SAN 235 de la cuenca del río Santiago, MOR 202, MOR 206, MOR 224, MOR 228, MOR 238 y MOR 258 de la cuenca del río Morona.
- La variable cojín floral de las 20 accesiones de cacao estudiados, solo tres de ellos (SAN 201, MOR 232 y MOR 238) presentaron incidencia de escoba de bruja al termino del estudio. En contraste con la variable brotes de las accesiones de cacao, ocho de ellos (SAN 227, SAN 235, MOR 202, MOR 206, MOR 238, MOR 256, MOR 258 y MOR 262) al término del estudio no presentaron incidencia de escoba de bruja.
- Las accesiones MOR 206, MOR 238 y MOR 258 no presentaron incidencia de escoba de bruja en la variable brotes, esto se presentó de inicio a final del estudio.

## **RECOMENDACIONES**

- Continuar evaluando las accesiones SAN 235, MOR 202, MOR 206 y MOR 258 clasificados como posibles resistentes en diferentes zonas cacaoteras de la región San Martín para determinar cuál de ellos tiene menor incidencia a la escoba de bruja.
- Realizar investigaciones de las accesiones resistentes estudiadas en un ambiente controlado y en campo, para ver el comportamiento de la escoba de bruja en distintos ambientes.
- Realizar investigaciones comparando cacaos silvestres con trinitarios, para ver cual de ellos tiene menor incidencia a la escoba de bruja en otras condiciones climáticas y altitud en nuestras regiones cacaoteras del País.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, C., James, M., Julio, C., (2008). *Manual de Manejo y Producción del Cacaotero, 10 September*, Nicaragua.
- Aime, M. y Phillips-Mora, W. (2005). *The causal agents of witches broom and frosty pod rot of Cacao (chocolate, Theobroma cacao) form a new lineage of Marasmiaceae*. Mycología 97:1012-1022.
- Almeida, C. M. V. C., L. A. S. Dias y A. P. Silva (2009). *Caracterização agronômica de acessos de cacau*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 44:368-37
- Arévalo, E., Zuñiga, L., Arévalo, C. y Adriazola, J. (2001). “CACAO. Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonía Peruana”. Instituto de Cultivos Tropicales. Tarapoto-Perú. 366 p.
- Backman, P. y Sikora, R. (2008). *Endophytes: An emerging tool for biological control*. Biological Control 46:1-3.
- Barahona, J. (2009). *Manual del Cultivo del Cacao*. INIAP. Quevedo, Ecuador. 109 p.
- Benito, J. (2011). *Paquete tecnológico de manejo integrado del cacao*. INIA – MINAG. Perú
- Cordova, M. (2002). *Estadística inferencial, segunda edición*, Moshera S.R.L. Lima – Perú.
- Crop Protection Compendium – CABI (2016). *Global module*. 7nd. Edition CAB International. UNK.
- Cronshaw, D.K. y Evans, H.C., (1978). *Witches' broom disease of cocoa (Crinipellis perniosa) in Ecuador*. II. Methods of infection. Annals of Applied Biology 89, 193 -200.
- De Almeida, A. y Valle, R. (2008). *Ecophysiology of the Cacao tree*. Brazilian Journal of Plant Physiology. 19:425-448.
- Do Rio, C. (2008). *El cultivo del cacao en la Amazonía Peruana, Plan Nacional del cacao*. Perú 47 p.
- Do Rio, C., De Oliveira, B., Tomazella, D., Fracassi, J. y Pereira, G. (2008). *Production of calcium oxalate crystals by the basidiomycete Moniliophthora perniciosa, the causal agent of Witches' broom disease of Cacao*. Current Microbiology 56:363- 370.
- Enríquez, G. (2001). *Manual del cacao para agricultores*. Editorial Universitaria Estatal a Distancia. (EUNED). Costa Rica. 117 p.

- Evans, H. y Solórzano, G. (2001). *Witches' broom disease: wrong experiment right result*. In: de Laforest J (ed) 8th International Cocoa Research Conference, Cartagena, Colombia, pp 415-418.
- Evans, H. and Bastor, C. (1980). *Basidiospore germination as a means of assessing resistance to Crinipellis pernicios a (witches broom disease) in cocoa cultivars*. Transaction of the British Mycological Society 74:525-536.
- Evans, H. and Barreto, R.(1996). *Crinipellis pernicios a : a much investigated but little understood fungus*. Mycologist 10:58-61.
- Evans, H., Bastos, C. (2000). *Basidiospore germination as a means of assessing resistance to Crinipellis pernicios a (Witches broom disease) in cocoa cultivars*. Transactions of the British Mycological Society 74:525-536.
- Evans, H., Holmes, K. y Reid, A. (2003). *Phylogeny of the frosty pod rot pathogen of cocoa*. Plant Pathology. 52:476-485.
- Fabián, A. y Darío, P. (2012). *Guía del Manejo Integrado de Enfermedades del Cultivo del Cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonía INIAP, Ecuador*.
- Flood and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. [Consulta: 29 de Diciembre de 2009].
- Frison, E.A., Feliu E., (1989). *FAO/ IBPGR technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm*. Rome, Italy; FAO/IBPGR, 29 pp.
- García, L. (2010). *Catálogo de cultivares de cacao del Perú*. Ministerio de Agricultura – DEVIDA. Lima – Perú.
- García, L. (2011). *Recopilación y análisis de información científica para la elaboración de la hoja botánica del cacao (Theobroma cacao L.), cv. "porcelana" de Piura*. Informe de consultoría. Tingo María, Perú.
- Guest, D. (2007). *Black pod: diverse pathogens with a global impact on cocoa yield*. Phytopathology 97:1650.1653.
- Gutiérrez, M. (2007). *Selección de Plantas con Potencial Semillero*. Informe de Consultoría. GTZ-PDRS/GOREPiura.
- Hebbar, P. (2007). *Cacao diseases: A global perspective from an industry point view*. Phytopathology 97:1658-1663.
- Organización Internacional de Cacao - ICCO (2003). *Resumen Estadístico*. (Boletín Estadístico Gb.21).
- Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria - INIAP. (2009). *Manual de cultivo de cacao para la Amazonía Ecuatoriana*. Quito, EC. 25 p.



- James, M. (2008). *Manual de Manejo y Producción de Cacaotero*, 10 Setiembre
- Jeger, M., Jeffries, P., Elad, Y. y Xu, M. (2009). *A generic theoretical model for biological control of foliar plant diseases. Journal of Theoretical Biology* 256:201-214.
- Lopez, M. (2004). *Informe de Consultoría sobre el Cultivo de Cacao*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Consultoría de Cacao BM/INTA. Managua, Nicaragua. 12 p.
- Marelli, J.P., Maximova, S.N., Gramacho, K.P., Kang, S., Guiltinan, M.J. (2009). *Infection biology of Moniliophthora perniciosa on Theobroma cacao and alternate Solanaceous hosts. Tropical Plant Biol.* 2:149–160.
- Meinhardt, L., Rincones, J., y Bailey, B. (2008). *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of Cacao: what's new from this old foe? *Molecular Plant Pathology* 9:577-588.
- Meirelles, S. (2002). *Epidemiología da vassoura-debruxa (Crinipellis perniciosa (Stahel) Singer) em cacaueiros enxertados em Uruçuca, Ba (tesis de Maestría) Universidad de São Paulo*. 53 p.
- Motamayor, Jc., Risterucci, A., López, P., Ortiz, C., Moreno, A., Lanaud, C. (2002). *Cacao domesticación*. In *The origin of the cacao cultivated by the Mayas*. *Heredity* 89:380-386.
- Motamayor, J., Lachenaud P., Da Silva, J., Llor, R., Kuhn, D., Brown, S., Schnell, R. (2008). *Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (Theobroma cacao L.)*. *PLoS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0003311.
- Mondeil M, Setboonsarng S. (2009). *Enhancing biodiversity through market-based strategy: Organic Agriculture*. ADBI Working Paper 155. Tokyo: Asian Development Bank Institute. Available.
- Moscol, M. (2011). *Propuesta de Manejo del Cultivo de Cacao*. Dirección Regional de Agricultura Piura-Perú.
- M & O Consulting. (2008). *Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Informe de consultoría*. Proyecto de cooperación UE-Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio - Apoyo al Programa Estratégico Nacional Exportaciones (PENX 2003-2013).
- Navarro, M. y Mendoza, I. (2006). *Guía Técnica para Promotores Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales*. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio El Castillo, Río San Juan, Nicaragua.

- Osuna, A. (1973). *Epidemiología. Segunda Edición. Caracas: Fondo Editorial de la Escuela de Salud Pública, Universidad Central de Venezuela.* p.10-30.
- Programa de Desarrollo Alternativo – PDA. (2007). *El cacao bajo sistemas agroforestales.* Módulo educativo, Cartilla introductoria no 1:17 p.
- Phillips-Mora, W. (2003). *Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the Cacao (Theobroma cacao) fungus Moniliophthora roreri (Cif.) Evans et al.* as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. thesis. University of Reading, UK.
- Peshin, R. y Dhawan, A. (2009). *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process.* DOI 10.1007/978-1-4020-8992-3 15.
- Porras, V.H, y Sánchez, L.J. (1991). *Enfermedades del Cacao.* Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie: Tecnología, Comunicación y Desarrollo. Fascículo No. 5. La Lima, Cortes, Honduras. 14-16 p.
- Sánchez, F. D., Medina, S. M., Díaz, G. T., Ramos, R. A., Vera, J. F., Vásquez, V. F., Troya, F. A., Garcés, F. R. y Onafre, N. R. (2015). *Potencial Sanitario y Productivo de 12 Clones de Cacao en Ecuador.* Rev. Fitotec. Mex. Vol. 38 (3): 265 – 274.
- Scarpari, L., Meinhardt, L., Mazzafera, P., Pomella, A. (2005). *Biochemical changes during the development of witches' broom: the most important disease of cocoa in Brazil caused by Crinipellis pernicioso.* Journal of Experimental Botany 56:865-877.
- Tarqui, O.M., Sotomayor, I.A., Casanova, T.J., Rodríguez, G.A., Plaza, L.F. y Zambrano, F.G. (2017). *Selección de genotipos de cacao (Theobroma cacao L.) con resistencia a escoba de bruja (Moniliophthora pernicioso) en Los Ríos, Ecuador.* CiencTecnUTEQ,10(1)p17-26.

## ANEXOS

**Tabla 13:**

*ANOVA de Incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes de la primera evaluación.*

Escoba de bruja	F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	F	p-valor
<b>Frutos</b>	Accesiones	19	15,39	0,81	0,91	0,5681
	Repetición	4	5,44	1,36	1,53	0,2007
	Error	76	67,33	0,89		
	Total	99	88,19			
<b>Cojín floral</b>	Accesiones	19	13,4	0,71	0,95	0,5282
	Repetición	4	1,1	0,28	0,37	0,8294
	Error	76	56,5	0,74		
	Total	99	71,0			
<b>Brotes</b>	Accesiones	19	4,51	0,24	0,74	0,7651
	Repetición	4	0,46	0,11	0,36	0,8370
	Error	76	24,34	0,32		
	Total	99	29,31			

\* Significativo al 5 % con el test F.

**Tabla 14:**

*ANOVA de Incidencia de escoba de bruja en frutos, cojín floral y brotes de segunda evaluación.*

Escoba de bruja	F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	F	p-valor
<b>Frutos</b>	Accesiones	19	10,59	0,56	0,72	0,7826
	Repetición	4	3,54	0,89	1,15	0,3394
	Error	76	58,46	0,77		
	Total	99	72,59			
<b>Cojín floral</b>	Accesiones	19	23,39	1,23	1,65	0,0658
	Repetición	4	2,44	0,61	0,82	0,5184
	Error	76	56,76	0,75		
	Total	99	82,59			
<b>Brotes</b>	Accesiones	19	4,56	0,24	1,10	0,3720
	Repetición	4	1,36	0,34	1,55	0,1956
	Error	76	16,64	0,22		
	Total	99	22,56			

\* Significativo al 5 % con el test F. C

**Tabla 15:**

*ANOVA de Incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes de tercera evaluación.*

<b>Escoba de bruja</b>	<b>F.V.</b>	<b>g.l.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Frutos</b>	Accesiones	19	16,16	0,85	1,97	0,0203*
	Repetición	4	3,16	0,79	1,83	0,1321
	Error	76	32,84	0,43		
	Total	99	52,16			
<b>Cojín floral</b>	Accesiones	19	9,96	0,52	1,32	0,1954
	Repetición	4	1,06	0,27	0,67	0,6160
	Error	76	30,14	0,40		
	Total	99	41,16			
<b>Brotes</b>	Accesiones	19	111,31	5,86	1,31	0,2055
	Repetición	4	7,76	1,94	0,43	0,7849
	Error	76	341,04	1,49		
	Total	99	460,11			

\* Significativo al 5 % con el test F.

**Tabla 16:**

*ANOVA de Incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes de la cuarta evaluación.*

<b>Escoba de bruja</b>	<b>F.V.</b>	<b>g.l.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Frutos</b>	Accesiones	19	10,04	0,53	1,23	0,2577
	Repetición	4	0,54	0,13	0,31	0,8677
	Error	76	32,66	0,43		
	Total	99	43,24			
<b>Cojín floral</b>	Accesiones	19	4,20	0,22	1,34	0,1824
	Repetición	4	0,30	0,07	0,46	0,7677
	Error	76	12,50	0,16		
	Total	99	17,00			
<b>Brotes</b>	Accesiones	19	30,36	1,60	1,11	0,3611
	Repetición	4	3,36	1,59	1,10	0,3618
	Error	76	109,64	1,44		
	Total	99	146,36			

\* Significativo al 5 % con el test F.

**Tabla 17:**

*ANOVA de Incidencia de escoba de bruja de frutos, cojín floral y brotes de la quinta evaluación.*

<b>Escoba de bruja</b>	<b>F.V.</b>	<b>g.l.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Frutos</b>	Accesiones	19	44,19	2,33	1,87	0,0294*
	Repetición	4	5,44	1,36	1,09	0,3661
	Error	76	94,56	1,24		
	Total	99	144,19			
<b>Cojín floral</b>	Accesiones	19	3,76	0,20	0,88	0,6104
	Repetición	4	0,46	0,11	0,51	0,7286
	Error	76	17,14	0,23		
	Total	99	21,36			
<b>Brotes</b>	Accesiones	19	41,84	2,20	1,23	0,2594
	Repetición	4	8,44	2,11	1,18	0,3281
	Error	76	136,36	1,79		
	Total	99	186,64			

\* Significativo al 5 % con el test F.

**Tabla 18:**

*Condiciones climáticas anuales durante la evaluación de los genotipos de cacao en la zona de Tarapoto - Perú.*

<b>Condiciones climáticas</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
	<b>Julio - Diciembre</b>	<b>Enero – Octubre</b>
Temperatura promedio (°C)	27,0	26,1
Precipitación (mm)	405,1mm	1 447,5mm
Humedad relativa promedio (%)	85	80

Fuente: SENAMHI, La estación Climatológica Ordinaria “Tarapoto”, Zonal 9 (2017). Anuarios metodológicos 2016 y 2017, Tarapoto - Perú.

**Tabla 19:**

*Porcentaje de luz realizado con un luxómetro.*

	<b>Promedio</b>	<b>Porcentaje de luz</b>
<b>Luxómetro</b>	530	60%

**Tabla 20:**

*Análisis de la Información Meteorológica de la Estación Climatológica Ordinaria - Tarapoto.*

La estación Climatológica Ordinaria “Tarapoto”, administrada por la Dirección Zonal 9 del SENAMHI, de acuerdo a la información proporcionada en la página web: [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe), que es de carácter abierto y de dominio público, presenta la siguiente ubicación geográfica:

Región	: San Martín	Latitud	: 06° 30' 00"
Provincia	: San Martín	Longitud	: 76° 28' 00"
Distrito	: Tarapoto	Altitud	: 282 m.s.n.m

Al hacer análisis de la información meteorológica, se obtuvo los siguientes resultados:

TEMPERATURA MEDIA PROMEDIO MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2016							25,7	26,5	26,8	27,4	28,3	27,5	27,0
2017	26,0	26,5	25,9	26,3	26,0	25,4	25,0	26,7	26,0	27,0			26,1

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2016							50,7	23,7	77,8	78,2	68,7	106,0	405,1
2017	239,5	170,7	292,5	158,6	107,5	134,2	47,1	82,0	171,8	43,6			1 447,5

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2016							89	87	85	85	82	83	85
2017	88	88	90	88	90	90	88	87	89	87			80

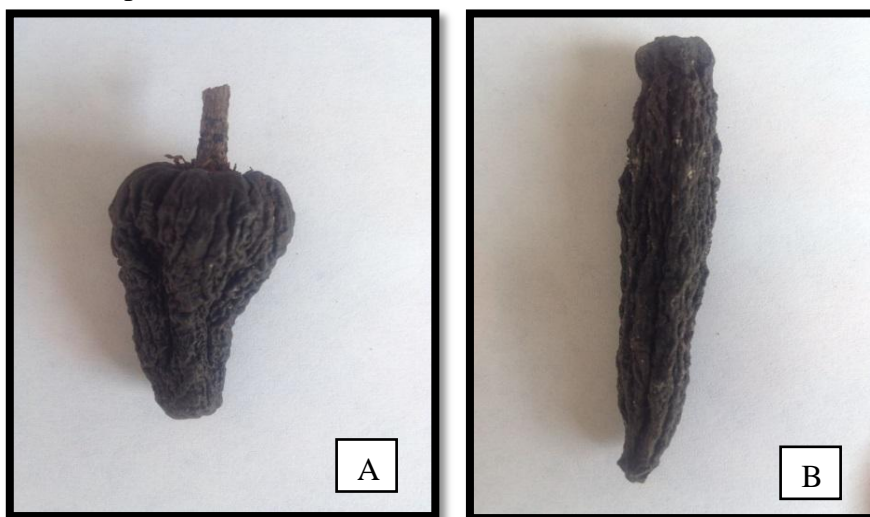
**Figura 14:** Croquis del banco de germoplasma de cacao silvestre colecta amazónica ICT- Perú – Primera expedición.

♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣	* * * * *
MOR-282	MOR-280	MOR-242	MOR-240	MOR-208	MOR-206		SAN-241	SAN-239	SAN-209	SAN-207
♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ ♣ ♣ ♣	* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * *	* * * * *
MOR-284	MOR-278	MOR-244	MOR-238	MOR-210	MOR-204		SAN-243	SAN-237	SAN-211	SAN-205
♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣		♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣
MOR-286	MOR-276	MOR-246		MOR-212	MOR-202	SAN-221	SAN-245	SAN-235	SAN-213	SAN-203
* ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * *	♣ * ♣ ♣ ♣		* ♣ ♣ ♣ ♣		* * *	* * *	* * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣
MOR-288	MOR-274	MOR-248	MOR-236							SAN-201
* ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣	♣ ♣ ♣ ♣ *							
MOR-290	MOR-272	MOR-250	MOR-234							
* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣
	MOR-270	MOR-252	MOR-232	MOR-214	MOR-200	UNG-75	SAN-247	SAN-233	SAN-215	SAN-199
* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * *	♣ * ♣ ♣ ♣	♣ P P ♣	♣ * * * *	* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ *	* ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ * * * ♣
	MOR-268	MOR-254	MOR-230	MOR-216	MOR-198	SAN-263	SAN-249	SAN-231	SAN-255	SAN-249
* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣	* * * * ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ * ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣
CHAM 296	MOR-266	MOR-256	MOR-228	MOR-218	MOR-266	SAN-231	SAN-251	SAN-229	SAN-219	SAN-195
* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* * * * ♣	* * * * ♣	* * * * ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	* ♣ * * ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ * * * ♣
CHAM 297	MOR-264	MOR-258	MOR-270	MOR-220	MOR-194	SAN-259	SAN-253	SAN-221	SAN-223	SAN-193
* * * *	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣	♣ ♣ ♣ ♣ ♣
CHAM 298	MOR-262	MOR-260	MOR-224	MOR-222	MOR-252	SAN-257	SAN-255	SAN-227	SAN-225	SAN-191
♣ Injertada	* No injertada	O Muerta	P Piedra	Accesiones sin injertar			Accesiones evaluadas		Accesiones repetidas	

**Figura 15:** A) Identificación de accesiones para las evaluaciones y B) Recolecta de frutos, cojines y brotes infectados.



**Figura 16:** Diferencia entre A) fruto muerto a causa de la escoba de bruja y B) fruto muerto por causas naturales.



**Figura 17:** Frutos deformes a causa de la escoba de bruja

